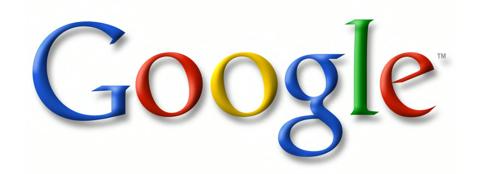
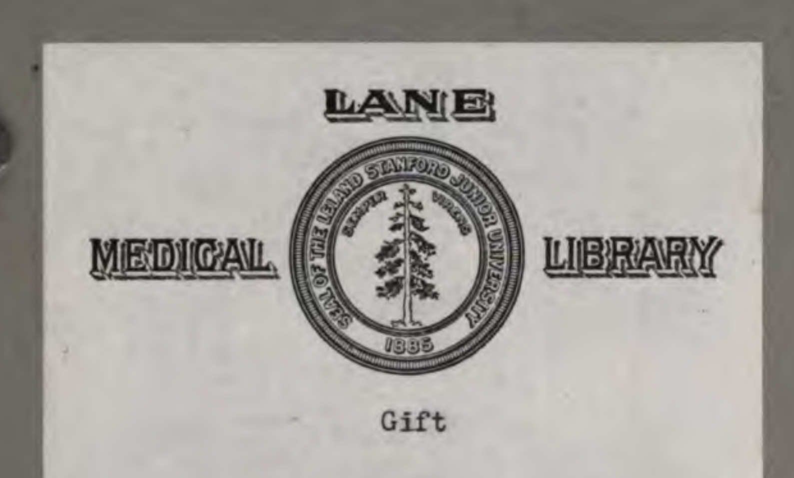

Google


LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
STOR
1425 .R82 1887
Vorlesungen uber die offentliche und p
24503300292


LANE
MEDICAL
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885
LIBRARY
Gift



VORLESUNGEN

ÜBER DIE

ÖFFENTLICHE UND PRIVATE

GESUNDHEITSPFLEGE.

Von

DR. J. ROSENTHAL,
o. ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND GESUNDHEITSPFLEGE
AN DER UNIVERSITÄT ERLANGEN.

MIT 64 ABBILDUNGEN.

Dr. med. Theodor
W. S. 1887/88.

ERLANGEN.
VERLAG VON EDUARD BESOLD.
1887.

Druck von E. Th. Jacob in Erlangen.

Vorwort.

Als ich mein Amt an hiesiger Universität antrat, wurde ich von der medizinischen Fakultät aufgefordert, neben den Vorlesungen über Physiologie auch diejenigen über Hygiene zu übernehmen. Seitdem habe ich in jedem Winter über „öffentliche und private Gesundheitspflege" gelesen. Diese Vorlesungen wurden im vergangenen Winter von einem meiner Zuhörer, Herrn Cand. med. Hönigsberger, nachgeschrieben und von mir durchgesehen und in einigen Punkten ergänzt. Sie bilden den Inhalt des vorliegenden Buchs.

Das Gebiet der Hygiene ist ein so umfangreiches, dass wohl niemand in allen Teilen desselben gleich bewandert sein kann. Am wenigsten ist dies möglich, wenn man dasselbe nur als Nebenfach betreibt. Trotzdem habe ich mich bemüht, dasjenige, was ich als wichtig und wissenswert, namentlich für den Arzt, ansehe, so gut, als es mir irgend möglich war, mir anzueignen und ihm den passenden Ausdruck zu geben. So hat sich im Lauf der Jahre allmählig ein fester Lehrgang herausgebildet, welchen das

Buch den Fachgenossen zur Prüfung vorlegt. Man wird über diesen und jenen Punkt andrer Meinung sein können, und ich werde jedem dankbar sein, welcher mich über Irrtümer belehrt. Man wird vielleicht auch die von mir getroffene Auswahl und Anordnung des Stoffs nicht richtig finden. Auch in dieser Beziehung werde ich gern Belehrung annehmen. Da es aber an brauchbaren Lehrbüchern der Hygiene entschieden mangelt, so wird vielleicht mein Versuch einer zusammenhängenden Darstellung manchem willkommen sein. Dies hat mich veranlasst und mich ermutigt, mit demselben hervorzutreten.

Ich habe es bei meinen Vorlesungen immer sehr unangenehm empfunden, dass ich in Bezug auf die grundlegenden Dinge mich auf kein passendes Lehrbuch beziehen konnte. Ich hoffe durch die Drucklegung meiner Vorlesungen in Zukunft den Vorteil zu gewinnen, dass ich manches kürzer behandeln kann und dafür Zeit gewinne, andres, namentlich das Experimentelle und die Untersuchungsmethoden ausführlicher zu besprechen. Diese letzteren sind deshalb auch nicht in allen Einzelheiten durchgeführt, sondern nur angedeutet. Meiner Meinung nach kann man sie nicht aus Büchern lernen, sondern man muss sehen, wie es gemacht wird, in Vorlesungen und in Übungskursen. Das geht aber um so besser, wenn der Vortragende sich in andern, allgemeinern Dingen kürzer fassen darf, weil er seine Zuhörer auf das häusliche Studium verweisen kann.

Die Grundsätze, denen ich in meinen akademischen Vorlesungen immer gefolgt bin, finde ich sehr schön und treffend in einem Briefe WIELAND's an seinen Schwiegersohn

niedergelegt, weshalb ich mir erlaube, die betreffende Stelle hier einzuschalten:

Wieland an Reinhold. (Weimar den letzten Oktober 1777.)

„Den Beyfall Ihrer Zuhörer werden Sie am sichersten dadurch gewinnen, wenn Sie nicht multa paucis sagen, sondern nur soviel zuwege bringen, daß die Leute jedesmal wenig lernen, aber dies wenige recht verstehen. Deutlichkeit und Ordnung sind zwey Dinge, worin das ganze Geheymnis des öffentl. Lehrens eingeschlossen ist. Wem seine materie selbst recht deutlich vorschwebt,

hunc nec facundia deseret nec lucidus ordo;[1])

und unter den vielen Vortheilen, die man durch Ordnung gewinnt, ist secundum Horatium nostrum keiner von den kleinsten, daß man zwar immer wisse, was zu sagen ist, doch vieles, was sich auch

noch sagen ließe, jetzt zurückbehalte
und für den Platz, wo mans bedarf, verspare."

Ich werde mich glücklich schätzen, wenn es mir gelungen ist, diesen Grundsätzen einigermaßen entsprochen zu haben.

Indem ich für diese Veröffentlichung die Form der Vorlesungen gewählt habe, bin ich mir wohl bewusst, dass dieselbe neben vielen Vorteilen auch manche Nachteile gegenüber einem systematischen Lehrbuche bietet. In Vorlesungen wird manches in den Hintergrund gedrängt, was in einem Lehrbuche breitern Raum beanspruchen dürfte; die systematische Ordnung kann nicht streng durchgeführt werden. Der aufmerksame Leser wird aber, wie ich glaube, finden, dass überall d i d a k t i s c h e Gründe bestimmend

---

1) Der Vers ist nicht ganz richtig wiedergegeben; er lautet vielmehr: nec facundia deseret hunc nec lucidus ordo. Epist. lib. II, 3. V. 41.

waren für das, was ich gesagt, für die Stelle, wo ich es angebracht und für das, was ich fortgelassen habe.

Schließlich muss ich noch ein Wort über das Äußere des Buchs sagen. Es ist nicht reiner Zufall, sondern liegt in der Natur der behandelten Gegenstände, dass die beigegebenen Abbildungen in der zweiten Hälfte des Buchs spärlich sind; doch haben auch äußerliche Gründe dabei mitgespielt. Ich glaube, dass dies dem Buch keinen Eintrag thun wird. Die Abbildungen sind nur schematisch gehalten. Sie beanspruchen nur, dem Verständnis des Textes durch die Anschauung zu Hilfe zu kommen und das in der Vorlesung Gesehene wieder anschaulich im Gedächtnis auftauchen zu lassen.

Erlangen im Juli 1887.

J. Rosenthal.

Inhalt.

Erste Vorlesung.

Einleitung.

Gegenstand der Vorlesungen. — Private und öffentliche Gesundheitspflege. — Begriffsbestimmung. — Schwierigkeit der Aufgabe. — Beziehungen zu anderen Wissenschaften. — Insbesondre zur Physiologie. - Möglichkeit hygienischer Verbesserungen. — Maßstab zur Beurteilung derselben. — Sterblichkeitsziffer. — Morbilität — Durchschnittliche Lebensdauer. — Verhältnis zur medizinischen Statistik. — Einteilung des Stoffs. —

Gegenstand der Vorlesungen.

1. Die vorliegenden Vorlesungen handeln von den Fragen: welche Einflüsse auf die Gesundheit des Menschen sind uns bekannt, und welche Mittel gibt es, den als schädlich erkannten entgegen zu wirken? Untersuchungen dieser Art pflegen ja auch bei der Betrachtung der Krankheiten in der Pathologie angestellt zu werden. In allen Lehrbüchern der Pathologie werden bei jeder Krankheit auch die aetiologischen Momente besprochen. Was aber unsre Aufgabe betrifft, so werden wir uns nicht an irgend ein pathologisches System anlehnen, sondern von allgemeinen Gesichtspunkten aus zu erörtern versuchen, welche Einflüsse schädlich auf die Gesundheit einwirken, und welche Maßregeln ergriffen werden können, um diese Schädlichkeiten zu beseitigen oder wenigstens zu vermindern.

Private und öffentliche Gesundheitspflege.

2. Es gibt zwei Klassen von schädlichen Einwirkungen. Solche, welche eine Krankheit beim einzelnen Individuum veranlassen oder ihre Entwickelung begünstigen, und vor denen sich der Mensch durch zweckmäßiges Verhalten schützen kann. Die Lehre von diesen Krankheiten und deren Verhütung kann man als persönliche oder private Gesundheitspflege bezeichnen. Es gibt aber auch allgemeine Ursachen, welche stets auf eine grosse Zahl von Menschen z. B. auf die Bewohner eines Landstrichs in Gemeinschaft einwirken, und denen sich auch der einzelne Mensch nicht ohne weiteres zu entziehen vermag, weil die Maßregeln, die er anwenden müsste, seine Kräfte übersteigen. Hier muss gesorgt werden, dass wirksame Maßregeln getroffen werden etwa durch Eingreifen der Gemeinden oder des

Staates; oder es muss der Staat zu Hilfe gerufen werden, um durch Vorschriften und Verbote, die erlassen werden in Bezug auf Verkehr, Verkauf von Nahrungsmitteln etc., jenen Schädlichkeiten entgegen zu wirken. Alles dies fassen wir zusammen unter dem Namen der öffentlichen Gesundheitspflege. Sofern es sich um obrigkeitliche Verbote und Vorschriften, sowie um die Überwachung der Ausführung derselben handelt, sprechen wir auch von einer Gesundheits- oder Sanitäts-Polizei. Letztere ist also ein Abschnitt aus der öffentlichen Gesundheitspflege. Es wird jedoch für die vorliegenden Zwecke zweckmäßiger sein, nicht etwa diese für sich getrennt zu behandeln. Ebensowenig werden wir versuchen, die öffentlichen und privaten Gesundheitspflegemaßregeln getrennt zu betrachten, sondern wir werden es vorziehen, eine Einteilung zu wählen, welche nach bestimmten, rationellen Gesichtspunkten das vorhandene Material ordnet.

Begriffsbestimmung.

3. In sofern, als es sich um die theoretische Untersuchung handelt, welche Bedingungen auf Entstehung von Krankheiten Einfluss haben, die Gesundheit befördern oder ihr schädlich sind, haben wir es mit einer rein wissenschaftlichen Frage zu thun, und wir können die Lehre davon als Hygiene oder Gesundheitslehre bezeichnen. In sofern aber, als es sich um Prüfung und Durchführung von Maßregeln handelt, haben wir es mit der Thätigkeit einzelner Menschen, Beamten oder Privatpersonen zu thun und diese können wir zum Unterschied als Gesundheitspflege bezeichnen. Auch hier empfiehlt es sich nicht, eine scharfe Trennung zu machen, sondern wir setzen einen theoretisch untersuchenden Standpunkt voraus, knüpfen aber daran die Betrachtung praktischer Massregeln und die Prüfung ihrer Erfolge an der Hand der Erfahrung.

Schwierigkeit der Aufgabe.

4. Während die eigentliche Pathologie, gestützt auf die physiologischen Kenntnisse, untersucht, wie sich unter den bekannten Lebensbedingungen die einzelnen Erscheinungen der Krankheiten gestalten, und wie durch die uns bekannten Wirkungen der Arzneimittel eine Besserung in dem Krankheitszustand herbeigeführt werden kann, haben wir es bei Untersuchung der Bedingungen, die auf die Gesundheit Einfluss haben, auch noch mit einer großen Zahl anderer Faktoren zu thun. Es zeigt sich, dass der Mensch dadurch, dass er in Gemeinschaft mit anderen lebt, vielfach von diesen beeinflusst wird, dass die sozialen und politischen Zustände auf die Gesundheit einwirken, dass der Boden, auf dem wir wohnen, Einfluss haben kann, dass die Entwickelung der Industrie in mannichfacher Weise schädigend auf die Gesundheit nicht nur der unmittelbar in ihr Beschäf-

tigten, sondern auch auf weite Entfernung hin einzuwirken im Stande ist. Diese Verhältnisse machen es sehr schwierig, die Gesundheitslehre in einer abgerundeten wissenschaftlichen Weise vorzutragen. Nur allzuhäufig kommen wir in die Lage, unsre vollständige Unkenntniss einzugestehen, und müssen uns mit Vermutungen und Aufwerfung von Fragen, auf welche wir keine Antwort geben können, begnügen.

Beziehungen zu anderen Wissenschaften.

5. Mehr noch hindert uns die außerordentliche Verwicklung der Verhältnisse, da in jedem einzelnen Falle, dessen Zergliederung wir unternehmen, neben den wenigen, uns bekannten und unsrer Untersuchung zugänglichen Umständen, unzählige andre, unbekannte oder nur unvollkommen gekannte und darum unkontrolirbare, mitwirken. Dazu kommt, dass wir die Grundlagen unsrer Untersuchung aus den verschiedensten Wissensgebieten zusammentragen müssen: aus der Physiologie, der Pathologie und Epidemiologie, der Chemie und ihren angewandten Zweigwissenschaften, der Technologie u. s. w., der Physik mit Einschluss der Meteorologie, Mechanik und Ingenieurwissenschaft und noch vielen andern, welche ich nicht alle aufzuzählen brauche. Dieser letztere Umstand kommt sehr wesentlich in Betracht bei der Auswahl des Stoffes je nach dem Kreise der Zuhörer, an welchen man sich wendet. Denn die Gesundheitspflege hat für viele Kreise eine große Wichtigkeit, namentlich für solche, welche durch ihre gesellschaftliche oder amtliche Stellung berufen und in der Lage sind, an der Abstellung gesundheitsschädlicher und Einführung gesundheitsförderlicher Maßregeln mitzuwirken oder den Anstoß dazu zu geben, also beispielsweise für Verwaltungsbeamte, Leiter von Fabriken, Lehrer u. s. w. Deshalb werden auch Vorlesungen über Gesundheitspflege an allen polytechnischen Anstalten gehalten, und wir können nur wünschen, dass dieselbe, wenn auch in elementarer Weise, in den Lehrerseminarien und dass die Grundzüge derselben auf allen Schulen gelehrt werden möchten.

Insbesondere zur Physiologie.

6. Aber vorzugsweise wichtig bleibt dieselbe doch für den Arzt. Denn der Arzt wird unter allen Umständen da, wo es sich um Gesundheitsmaßregeln handelt, als der berufenste Berater und Sachverständige gehört werden müssen, und der Arzt wird es sich gewiss immer zu seinem höchsten Ruhmestitel anrechnen, wenn er nicht nur berufen wird, Krankheiten zu heilen, sondern auch Krankheiten zu verhüten. Daraus ergibt sich aber für den Arzt die Pflicht, aus der grossen Zahl von Wissenschaften, welche ich oben angedeutet habe, sich diejenigen Kenntnisse anzueignen, welche zur Erfüllung der Aufgabe notwendig sind. Für den Vortragenden aber

folgt aus alledem die Verpflichtung, je nach dem Zuhörerkreis, an welchen er sich wendet, das Material zu wählen und zu ordnen.

Wie mannichfach aber auch die Bausteine sein mögen, aus denen sich das Lehrgebäude der Hygiene aufbaut, das Fundament kann nur eines sein: die Kenntniss vom Leben und seinen Bedingungen. Und dieser Grund wird es wol auch rechtfertigen, warum es gerade ein Physiologe ist, welchem dieser Zweig der wissenschaftlichen Medizin an unserer Hochschule übertragen ist.

Möglichkeit hygienischer Verbesserungen.

7. Ehe wir jedoch in weitere Erörterungen eintreten, haben wir noch die Vorfrage zu erörtern, ob es überhaupt möglich ist, durch irgend welche Maßregeln in der Weise einzugreifen, wie wir es voraussetzen möchten, nämlich Schädlichkeiten, die wir erkannt haben, zu beseitigen oder zu verringern und die Menschen gegen diese zu schützen? Angenommen wir erkennen, dass gewisse Bodenarten für gewisse Erkrankungen prädisponiren, so fragt es sich, ob wir im Stande sind, etwas zu thun, um dem Boden die schädlichen Eigenschaften zu benehmen, oder ob wir uns darauf beschränken müssen, den schädlichen Boden zu verlassen und uns anderswo anzusiedeln. Diese Frage wird von denen, welche sich mit Hygiene befasst haben, in der Regel gar nicht aufgeworfen, sondern die Möglichkeit der Verbesserung unsrer Gesundheitsverhältnisse durch irgend welche Maßregeln gilt als selbstverständlich. Nur der bekannte englische Philosoph Herbert Spencer hat die Frage gestellt, und dieser hat sie verneint. Er sagt: Die Menschheit vermehrt sich fortwährend durch einen Überschuss der Geburten über die Sterbefälle, wenn die Bedingungen der Art sind, dass genügend Lebensunterhalt vorhanden ist und dass nicht etwa viele das Leben abkürzende Gefahren von außen einwirken. Nun sind aber die Ursachen, welche das Sterben bewirken, sehr verschiedener Natur, und wir können versuchen, eine diese Ursachen durch irgend welche Maßregeln zu verringern. Gelingt dies, so schliesst Spencer weiter, und wird wirklich eine jener Ursachen mit Erfolg bekämpft, dann müssen die anderen Ursachen, an denen die Menschen sterben, in entsprechendem Maße zunehmen; der Erfolg würde also Null sein. Statt jeder Schädlichkeit, welche wir beseitigen, müsse, so meint er, eine neue Schädlichkeit für die Menschen entstehen. Diese Behauptung ist nur teilweise richtig. Freilich muss zugegeben werden, daß bei Beurteilung der Nützlichkeit einer jeden Maßregel immer ein gewisser Abzug gemacht werden muss. Eine jede hygienische Maßregel erfordert Kosten. Dabei dürfen Sie nicht nur an Geldausgaben denken, sondern jeglicher Aufwand an Zeit und Mühe gehört

hierher. Wir wollen aber mit Spencer zunächst nur die Geldausgaben ins Auge fassen u. z. nur für den Fall einer grösseren, vom Staat oder der Gemeinde unternommenen Maßregel. Die Kosten für diese müssen die Steuerzahler aufbringen, und die entsprechenden Beträge sind für das Privateigentum verloren. Nun gibt es aber in jeder Steuergemeinschaft immer eine Anzahl Menschen, deren Erwerb gerade eben ausreicht, ihren Lebensunterhalt notdürftig zu bestreiten, denen also die geringste Ausgabe als den Unterhalt verringernd schwer fällt. Also selbst wenn die angeordnete Maßregel an und für sich zweckmäßig ist und hygienische Vorteile bringt, so schadet sie auf der andern Seite, indem sie jene Menschen schwerer belastet, also ihre Ernährung unter die eben noch ausreichende Grenze herabdrückt und damit die Sterblichkeit vergrößert.

Wenn wir aber auch die Richtigkeit des dieser Betrachtung zu Grunde liegenden Gedankens im allgemeinen zugeben, so ist damit der Gegenstand doch nicht endgiltig erschöpft. Erstlich kann es sehr wohl hygienische Maßregeln geben, deren Vorteile ihre Nachteile beträchtlich überwiegen. Zweitens ist die einseitige Betonung des Malthus'schen Satzes von dem Gleichgewicht zwischen der Zunahme und Abnahme der Bevölkerung fehlerhaft. Denn die Bevölkerung der zivilisirten Länder wächst thatsächlich fortwährend, und das beweist ja, dass wir noch nicht an der Grenze angelangt sind, wo die Menge der zur Verfügung stehenden Nahrungsmittel ein weiteres Wachstum nicht mehr gestattet. Gerade die Frage nach der Vermehrung der Nahrungsmittel und nach der besseren Ausnutzung der vorhandenen, so dass die gleiche Menge eine größere Zahl von Menschen und diese besser zu ernähren vermag, ist eine der wichtigsten in der Hygiene. Durch die einseitige Betonung dieses Malthus'schen Grundsatzes kommt aber Spencer auch zu dem ganz falschen Schluss, dass es immer nur die schwächeren Individuen seien, welche durch hygienische Maßregeln auf Kosten der stärkeren begünstigt werden. Dass dies durchaus nicht der Fall ist, wird sich bei den späteren Erörterungen ergeben. Von der Spencer'sche Auseinandersetzung bleibt also nur soviel als unzweifelhaft richtig bestehen, dass jede hygienische Maßregel nicht in ihrem vollem Umfange zur Geltung kommen kann, sondern dass von ihrem Nutzen stets ein Teil auf andre Weise wieder verloren geht. Das ist aber bei allen menschlichen Einrichtungen der Fall. Immer müssen wir bei Berechnung des Gewinns auch den nicht zu vermeidenden Verlust in Abzug bringen. Ehe wir deshalb zur Ausführung einer hygienischen Maßregel schreiten, werden wir stets

sorgfältig zu erwägen haben, ob die Nützlichkeit der Maßregel überwiegt und ob man in Hinblick auf diese Nützlichkeit den unvermeidlichen Schaden mit in Kauf nehmen muss. Nur die Betrachtung in jedem einzelnen Falle kann diese Frage entscheiden.

Mafsstab zur Beurteilung derselben.

8. Die zweite, vor dem Eingehen auf die Einzeluntersuchung zu erledigende, Vorfrage ist die: welchen Maßstab haben wir für die Beurteilung der Gesundheitsverhältnisse, insbesondre zur Feststellung der Erfolge irgend einer vorgeschlagenen oder in Ausführung gebrachten hygienischen Maßregel. Die Gesundheitszustände einer ganzen Bevölkerung lassen sich leider nicht direkt in Maß und Zahl angeben, etwa so, dass man die Gesundheit eines jeden Individuums durch eine Zahl ausdrückt und dann aus diesen Zahlen das arithmetische Mittel zieht. Hier bieten sich nun zwei Auswege: Erstens ist soviel klar, dass unter einer gegebenen Zahl von Menschen um so mehr sterben werden, je ungünstiger die Gesundheitsverhältnisse sind. Worin die ungünstigen Verhältnisse begründet sind, ob angeborene oder erworbene Krankheiten, ob mangelnde Nahrung, ob Seuchen den Tod herbeiführen, das lassen wir vorerst noch ganz unberücksichtigt. Wir zählen nur die Summe aller dieser Wirkungen, je grösser die Gesammtsumme derselben ist, um so mehr Menschen werden sterben.

Sterblichkeitsziffer.

9. Um dies auszudrücken, zählen wir die Todesfälle, welche in einem bestimmten Zeitraum, z. B. einem Jahre, innerhalb eines gewissen Gebietes eintreten, und berechnen die Anzahl dieser Todesfälle auf eine bestimmte Ziffer der Bevölkerung, z. B. auf je 1000 Einwohner. Ist x die Zahl der gestorbenen und y die Gesammtzahl der Einwohner des betreffenden Gebietes, so erhält man nach der Formel $\frac{x \cdot 1000}{y}$ die Sterblichkeitsziffer. Derartige Zahlen sind mit Vorsicht zu gebrauchen, wegen der wechselnden Eigentümlichkeiten eines jeden Jahres. Es wird sich also der Grundsatz ergeben, dass solche Zahlen einen höheren Wert haben, wenn sie nicht blos von einem Jahr, sondern von größeren Zeiträumen erhoben werden. Diese Mortalitätsziffer kann auch dazu dienen, nicht nur die Sterblichkeit in einem Ort zu einer Zeit mit der Sterblichkeit zu andrer Zeit zu vergleichen, sondern auch die gleichzeitigen Verhältnisse an verschiedenen Orten. Diese Vergleichung wird erleichtert dadurch, dass die Sterblichkeitsziffer immer auf 1000 Bewohner reduzirt ist. Allein eine Vergleichung zwischen zwei Ziffern ist nur dann wissenschaftlich gestattet, wenn die Grundzahlen, von denen aus die Berechnung gezogen ist, nicht gar zu sehr differiren. Auf Grund dieses Maßstabs für die Sterblich-

keit wird es wohl möglich, in einer Anzahl von Fällen ein Urteil darüber zu gewinnen, ob gewisse Maßregeln auf die Gesundheit im allgemeinen einen günstigen Einfluss haben oder nicht. Aber auch hier muss man sich hüten, gar zu schnell Schlüsse zu ziehen, da die Verhältnisse außerordentlich verwickelt sind. Ein bindender Schluss wird offenbar nur dann gezogen werden dürfen, wenn in den beiden zu vergleichenden Fällen alle Umstände genau gleich sind bis auf den einen, dessen Bedeutung untersucht werden soll. Ein Beispiel wird dies klarer machen.

Es ist ein fast allgemein angenommener Satz, dass das Leben in der Stadt weniger gesund sei als das auf dem Lande. Schicken wir doch schwächliche und kränkliche Personen auf das Land und sehen nicht selten, dass sie sich dort schnell kräftigen und gesund werden. Um aber den Satz statistisch zu erhärten, zählen wir z. B. die Sterblichkeit in einer Stadt von 100000 Einwohnern und in einer Anzahl von ländlichen Orten von zusammen gleichfalls 100000 Einwohnern. Wir finden etwa für die Stadt die Sterblichkeitsziffer (für je 1000 Einwohner und 1 Jahr) 28, für das Land 25. Eine genauere Überlegung zeigt aber sofort, dass hier eine ganze Reihe von Umständen zusammenwirken. So kann offenbar die Sterblichkeit in der Stadt größer werden dadurch, dass die höheren Altersklassen in der Stadt verhältnissmäßig stärker vertreten sind, als auf dem Land. Ferner ziehen eine große Anzahl von Leuten vom Lande in die Stadt, weil sie zu schwächlich sind, sich durch Landarbeit zu ernähren, wogegen es in der Stadt eine große Anzahl von Gewerben gibt, welche auch bei schwächlicher Constitution ausübbar sind. Aus alle dem folgt, dass Menschen von geringerer Resistenz sich in viel grösserer Zahl in der Stadt als auf dem Lande finden. Es kann also wohl sein, dass die Verhältnisse einer Stadt an und für sich ungünstiger für die Gesundheit sind als die auf dem flachen Lande. Aber wenn wir dafür nicht andre Gründe anführen können: aus der Vergleichung der Sterblichkeisziffern allein dürfen wir diesen Schluss nicht ziehen.

10. Man hat auch versucht, die Mortalitätsziffer noch genauer zu zerlegen, dadurch dass man nicht bloß die Zahl der Todesfälle, sondern auch die Todesursachen feststellt. Um diese Zählungen ordentlich durchzuführen, müssen wir zunächst eine gute Krankentabelle haben mit feststehenden Rubriken. Finden wir nun, dass an einem Ort eine Krankheitsursache ganz besonders stark vertreten ist, so ist das ein Wegweiser, dass wir hier etwas zu untersuchen haben. Derartige Tabellen, die sogen. Morbilitätstabellen, sind wiederum Morbilität.

mit großer Vorsicht zu gebrauchen: Es existirt nicht überall die Leichenschau; in Bayern ist sie obligatorisch, doch kann man dazu nicht immer Ärzte verwenden, sondern es werden z. B. auf dem Lande Bader oder Landbürgermeister etc. dazu genommen, so dass eine Garantie für die Richtigkeit der Angaben der den Tod verursachenden Krankheit nicht genügend gegeben ist. Man wird daher gut thun, nur solche Tabellen zu hygienischen Untersuchungen zu benutzen, die, weil von Ärzten aufgestellt, in der Diagnose einigermaßen zuverlässig sind.

Durchschnittliche Lebensdauer.

11. Ausser der Sterblichkeits- oder Mortalitätsziffer ist noch eine andere Art der Berechnung im Gebrauch: Wenn man die Listen der Verstorbenen durchgeht, so sind natürlich darunter alle Lebensalter vertreten. Aus der Additionssumme der Lebensjahre der einzelnen Verstorbenen, dividirt durch die Zahl der Gestorbenen erhält man die sogenannte durchschnittliche Lebensdauer, welche an einem Orte herrscht. Diese Berechnung ist auch wiederum ein Notbehelf, denn sie lehrt uns nicht genug. Wir werden z. B. sehr wohl zu unterscheiden haben, ob die Zahl der in den ersten Lebensmonaten Gestorbenen eine auffallend große ist; ist dies der Fall, so wird uns dies auf eine besondere Gruppe von Schädlichkeiten hinführen, die uns lehrt, dass wir es hier mit Verhältnissen zu thun haben, die auf das zarteste Kindesalter einwirken, z. B. ungenügende Ernährung, Erkältungskrankheiten. Aber einen gewissen Anhalt gewährt uns doch auch diese Berechnung der Lebensdauer. Denn soviel ist sicher: gäbe es an einem Orte gar keine gesundheitsgefährdenden Momente, so würden alle Bewohner nur an Altersschwäche sterben, und das durchschnittliche Sterbealter müsste ein sehr hohes sein. Je niedriger also die durchschnittliche Lebensdauer, desto mehr schädliche Momente müssen vorhanden sein.

In ähnlicher Weise wie dies bei der Mortalitätsziffer angedeutet wurde, können auch die Daten über das Lebensalter der Gestorbenen noch weiter zerlegt werden, indem man feststellt, wie die Todesfälle sich auf die einzelnen Lebensalter verteilen. Am übersichtlichsten wird eine solche Zerlegung, wenn man die Gesamtzahl der in einem Jahre und an einem Orte gestorbenen = 100 setzt, und danach die einzelnen Unterabteilungen also in Prozenten der Gesamtsterblichkeit ausdrückt. Man erhält so ganz wertvolle Aufschlüsse. Man kann die Gesamtzahl nach Dezennien teilen, thut aber gut, das erste Dezennium d. h. also alle vor dem vollendeten 10ten Jahre Gestorbenen, noch in weitere Unterabteilungen zu zerlegen, besonders die

Todesfälle der ersten Lebensmonate gesondert zu betrachten. Denn gerade bei den Säuglingen wirken, wie schon bemerkt wurde, besondre Umstände ein, das Leben zu gefährden.

Man kann auch noch weiter gehen, und neben den Todesfällen auch die Erkrankungen berücksichtigen, welche mit Genesung geendet haben. Aber hier werden die Schwierigkeiten, zuverlässiges statistisches Material zu erlangen, noch viel größer. Nur für einzelne Krankheiten, bei welchen die Anzeige jedes einzelnen Falles vorgeschrieben ist, kann dasselbe beschafft werden, und selbst für diese fehlt es an der genügenden Garantie, dass die Angaben vollständig und zuverlässig sind.

Verhältnis zur medizinischen Statistik.

12. Diese Auseinandersetzungen zeigen, wie wichtig die Statistik für die Gesundheitspflege ist. Aber deswegen ist medizinische Statistik nicht, wie das zuweilen geschehen ist, mit der Hygiene zu verwechseln. Die Statistik kann nur das Material liefern, welches der Hygieniker, neben anderem, zu seinen Untersuchungen verwendet, sei es um sich aus den Ergebnissen der statistischen Untersuchungen Anregung zur Forschung zu holen, sei es, um die Ergebnisse seiner Forschung an jenen zu prüfen und zu verifiziren, gleichsam die Probe auf sein Exempel zu machen. Die medizinische Statistik steht also zur Hygiene in dem Verhältnis einer Hilfswissenschaft. Statistische Untersuchungen können aber, wie wir schon gesehen haben, immer nur mit großer Vorsicht benutzt werden. Man hat nicht nur den Grad der Zuverlässigkeit der statistischen Ermittelung festzustellen, sondern auch zu erwägen, welche Umstände auf das statistisch ermittelte Resultat von Einfluss sein können. Was den ersten Punkt anbelangt, so müssen wir stets scharf zwei Fälle von einander unterscheiden: In dem einen können wir auszählen, d. h. alle Daten wirklich ermitteln. Wir können z. B. (von kleinen Zählungsfehlern abgesehen) ganz sicher feststellen, wie viele männliche und wie viele weibliche Bewohner in einer Stadt an einem bestimmten Tage (etwa dem Tage der letzten Volkszählung) an einem Orte vorhanden waren. In dem andern Falle ist aber eine solche vollständige Auszählung überhaupt unmöglich, z. B. weil die Vorgänge, um deren Ermittelung es sich handelt, noch nicht abgelaufen sind. Ich kann ja feststellen, wie viel Menschen hier in Erlangen im Jahre 1885 gestorben sind, für das laufende Jahr aber kann ich nicht wissen, ob die zwei Monate, welche uns noch vom Jahresschluss trennen, nicht die Ziffer wesentlich ändern werden. Aber auch wo ausgezählt werden kann, mischen sich Zählfehler ein, und irgend welche, zum Teil ganz unkontrolirbare Umstände haben

die Wirkung, die zu ermittelnden Ziffern zu groß oder zu klein erscheinen zu lassen. Überall nun, wo eine größere Zahl von Zählungen desselben Vorgangs vorliegt (z. B. die Sterblichkeitsziffern in einer Reihe auf einander folgender Jahre) kann man aus denselben nach gewissen, hier nicht weiter zu erörternden Methoden den Grad ihrer Zuverlässigkeit oder, wie die Mathematiker sagen, die Größe des wahrscheinlichen Fehlers berechnen. Wenn ich z. B. sage, die Sterblichkeit in dieser Stadt sei 28 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 2, so soll das heißen: die wahre Zahl kann jedenfalls nicht größer sein als 30 und nicht kleiner als 26. Finde ich nun an einem andern Ort die Sterblichkeit $= 27 \pm 2$. d. h. liegt ihre wahre Zahl zwischen 25—29, so darf ich nicht behaupten, dass die Sterblichkeit in der einen Stadt größer sei als in der andern. Denn der Unterschied der Mittelzahlen $(28 - 27 = 1)$ ist kleiner als der Fehler oder der Grad der Ungenauigkeit, welcher beiden Zahlen anhaftet.

Der zweite Punkt, die Ermittelung der Umstände, welche auf ein statistisch festgestelltes Ergebnis von Einfluss gewesen sein können, ist meistens noch viel schwieriger wegen der schon hervorgehobenen Mannigfaltigkeit dieser Umstände Wir werden deshalb in unsern Erörterungen uns nur selten und immer mit den nötigen Vorbehalten auf die Statistik berufen; wir werden vielmehr versuchen, die Grundsätze soviel als möglich durch Zurückgehen auf anerkannte Wahrheiten abzuleiten. Da aber, wo dies zur Zeit noch unmöglich ist, werden wir gut thun, uns stets der Unsicherheit unsres Wissens bewusst zu bleiben, und nur bestrebt sein, die Fragen genau zu stellen, auf deren Lösung es ankommt, statt uns durch eine Scheinlösung in falsche Sicherheit zu wiegen.

Einteilung des Stoffs.

13. Bei Einteilung der Gesundheitslehre könnte man von der Pathologie ausgehen. Da aber alle Bedingungen, von denen der Mensch abhängig ist, physiologischer Natur sind, indem die äußeren Agentien auf die Funktionen der Ernährung, Atmung, Wärmeentwicklung und Abgabe u. s. w. einwirken, so erscheint es zweckmäßiger, der Reihe nach diese Agentien in ihrer Einwirkung auf den Menschen zu studiren sowohl in der Norm wie in den Abweichungen davon. Dabei stößt man allerdings auf Beziehungen, die eine wesentliche Rolle spielen in der Hygiene, während sie in der Physiologie ganz vernachlässigt werden. Letztere betrachtet den Menschen isolirt als Individuum in seinen Beziehungen zur Außenwelt; hygienisch jedoch wirkt auf ihn alles ein, was zunächst von dem Boden auf dem er lebt, ausgeht, sodann die Atmosphäre etc., endlich aber auch die sozialen

Verhältnisse, das Zusammenleben mit anderen Menschen, die Art seiner Beschäftigung u. d. g. Demgemäß sind die folgenden Betrachtungen so geordnet, daß mit dem Boden begonnen wird, um überzugehen auf die Luft, die Ernährung etc. Hierauf folgt die Untersuchung der sozialen Bedingungen nach ihren verschiedenen Richtungen. Da aber die Hygiene sehr weit davon entfernt ist, die Erkrankungen alle verhüten zu können, vielmehr die Thatsache konstatiren muss, dass die immer noch vorhandenen Krankheiten und Sterbefälle der Menschen eine Einwirkung auf die anderen Menschen haben, so werden in einem dritten und letzten Teil auch noch diese besonderen Beziehungen erörtert werden.

Zweite Vorlesung.

Der Boden.

Die bewohnte Oberfläche. — Beschaffenheit der obersten Schichte. — Abgrenzung derselben durch kompakten Fels oder Thon. — Wasser in den oberen Schichten. — Bewegung desselben im Boden. — Mehrfache Thonschichten. — Filtration des Wassers im Boden. — Aufnahme von Stoffen aus dem Boden.

Die bewohnte Oberfläche.

14. Eine verhältnismässig dünne erstarrte Erdkruste ist um einen sehr heißen wahrscheinlich feurig-zähflüssigen Erdkern gelagert und diese Kruste dient dem Menschen als Wohnsitz. Ihre Oberfläche ist durch Erhebungen und Senkungen gegliedert, und diese haben Einfluss auf den Luftdruck und die Lufttemperatur (wovon bei Betrachtung der Atmosphäre die Rede sein wird) sowie auf die Verteilung des Wassers, welches sich in einzelnen großen, zusammenhängenden Becken als Meer und in kleineren, von einander getrennten als Seen und Teiche sammelt. Das Wasser strömt in Bächen, Flüssen und Strömen diesen Becken zu, verdunstet da, kehrt wieder in die Luft zurück, hat also auch seinerseits Einfluss auf die atmosphärischen Verhältnisse. Von dieser festen Erdkruste, welche im Vergleich zur ganzen Erdkugel schon sehr dünn ist, kommt aber für die hygienische Untersuchung selbst nur die alleräußerste Oberfläche in Betracht, welche durch atmosphärische Einflüsse zertrümmert, zerrieben und deshalb dem Eindringen und der physikalisch-chemischen Einwirkung von Luft und Wasser zugänglich ist. Ein Teil dieser äußersten Schicht erlangt wegen seines Humusgehalts die größte Wichtigkeit durch den Pflanzenwuchs, dem sie dient.

Beschaffenheit der obersten Schichte.

15. Bis zu einer gewissen Tiefe dringt der Mensch gelegentlich in die Erdkruste ein. Im allgemeinen hält er sich auf der Oberfläche derselben auf. Dennoch übt der Grund, auf dem er lebt, Einflüsse auf den Menschen aus. Um diese zu verstehen, haben wir die Beschaffenheit der als Unterlage für Wohnplätze dienenden obersten Schichten der Erdkruste zu untersuchen. Diese ist in den seltensten Fällen ganz kompaktes Gestein; meist abgelagert von Wasserströmungen in Gestalt des Diluviums oder Alluviums, stellt sie sich als gröberes oder oder feineres Gerölle dar. Die feinsten Ablagerungen am Grunde von Wasserbecken erscheinen in Gestalt eines Schlammes, welcher dann durch Hebungen der Erdrinde fest geworden, als Thon bezeichnet wird. Der Thon ist häufig vermischt mit allerlei Nebenbestand-

teilen. Enthält er Kalk, so führt er den Namen Mergel. Gröbere Ablagerungen, aus einzelnen, nicht mit einander verkitteten Körnchen bestehend, werden als Sand bezeichnet, Mischungen aus Sand und Thon als Lehm.

In diese poröse feste Masse dringt fortwährend das Wasser, welches auf die Erde fällt, bis zu einer gewissen Tiefe ein, ein anderer Teil der Poren ist mit Luft gefüllt. Der Boden besteht also, soweit er nicht kompakter Fels ist, aus einem Gemenge von fester Substanz mit Wasser und Luft. Diese Mischung hat zur Folge, dass in ihr fortwährend chemische Prozesse vor sich gehen. Das Wasser, welches eindringt, ist kein reines destillirtes Wasser, sondern enthält Substanzen aufgelöst oder löst erst im Boden vorhandene Substanzen. Dort leben Tiere, welche absterben, es verwesen Pflanzen und lassen organische Bestandteile zurück, endlich spült das Wasser viele Substanzen in den Boden hinein, welche es während seines oberirdischen Verlaufs aufgenommen oder fortgeschwemmt hat. Der in der Bodenluft enthaltene Sauerstoff kann auf viele dieser Substanzen einwirken und sie zersetzen. Dass derartige, innerhalb des Bodens sich abspielende chemische Prozesse unter Umständen auf das Leben der Menschen Einfluss gewinnen können, geht schon daraus hervor, dass das in dem Boden vorhandene Wasser aus demselben entweder in Gestalt von Wasser oder von Wasserdampf wieder zu Tage tritt. Dasselbe muß offenbar mit andern gas- oder dampfförmigen Produkten der im Boden vorgehenden Prozesse der Fall sein. Aber auch die Erfahrung hat uns gelehrt, dass dem so ist. Es ist eine der wichtigsten thatsächlichen Feststellungen der neueren Hygiene, dass der Wassergehalt des Bodens und seine in der Zeit vorgehenden Schwankungen sowie die Beshaffenheit dieses unterirdischen Wassers, seine mehr oder weniger starke Verunreinigung mit zersetzbaren Stoffen, zu dem Auftreten und der Verbreitung von Krankheiten in Beziehung steht.

16. Die genauere Untersuchung des Bodens lehrt uns, dass in der Regel die oberen Schichten aus porösem Material bestehen, unter welchem, an verschiedenen Orten in sehr wechselnder Tiefe sich entweder kompakter Fels oder eine Thonschicht vorfindet. Kompakter Fels, welcher gar keine Poren hat, ist natürlich für Wasser vollkommen undurchdringlich. Nur wenn er zerrissen und zerklüftet ist, kann das Wasser auch noch in ihm weiter in die Tiefe dringen und sich ansammeln. Besteht die Unterlage aus Thon, dann kommen die eigentümlichen physikalischen Eigenschaften dieser Substanz zur Geltung. In trockenem Zustand stellt nämlich der Thon eine fein

Abgrenzung derselben durch kompakten Fels oder Thon.

pulverisierbare Masse dar; kommt er aber in Berührung mit Wasser, so bindet er eine gewisse Menge desselben und quillt darin auf, wird dann aber für Wasser vollkommen undurchlässig. Dies ist wichtig, denn es ist klar, dass alles auf die Oberfläche des Bodens gelangende Wasser durch die oberen, porösen Schichten desselben durchsickern muss; sobald es aber bis zu einer gewissen Tiefe gelangt, muss es an der kompakten Fels- oder Thonschicht ein Hindernis finden, welche nun eine Abgrenzung bildet zwischen den darüber oder darunter liegenden Schichten. Da nicht blos das Wasser, sondern auch Gase abgesperrt werden, so geht uns das darunterliegende nichts an, sondern nur die oberhalb der ersten, Wasser nicht durchlassenden Schicht liegenden Teile der Erdkruste können durch die in ihnen sich abspielenden Prozesse eine hygienische Bedeutung haben.

Es ist daher eines der ersten Erfordernisse für jede lokale Untersuchung, dass man sich über die Verhältnisse der Bodenbeschaffenheit Aufschluss verschafft. Dazu dienen geognostische Karten, wie sie, mit der für unsere Zwecke notwendigen Eingehung auf selbst die kleinsten Einzelnheiten freilich kaum noch vorhanden sind. Wichtig ist vor allem, den Grad der Durchlässigkeit der oberen Bodenschichten für Wasser, sowie die Lage und den Verlauf der obersten Wasser nicht durchlässigen Schichten, seien sie nun Thon oder kompaktes Gestein, festzustellen.

Wasser in den oberen Schichten.

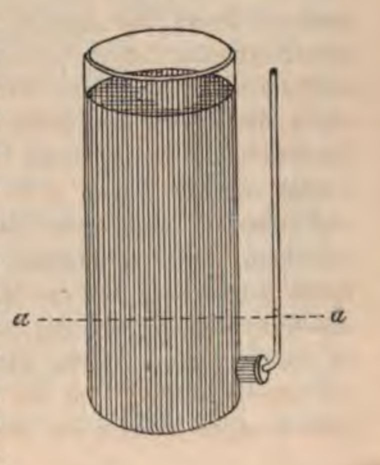
17. Im Lauf der Jahre werden sehr viel atmosphärische Niederschläge in Gestalt von Regen, Schnee etc. auf den Boden fallen und in denselben eindringen. Dieses Wasser wird, wenn die nicht durchlässige Erdschicht eine große ebene Fläche oder gar eine muldenförmige Vertiefung zeigt, bis auf diese Schicht sinken und dort stehen bleiben. Wenn die letztere geneigt ist, so wird das Wasser auf dieser schiefen Ebene entlang strömen und einen unterirdischen, langsam sich bewegenden Strom darstellen, so dass das Wasser an einem dieser Orte vorhanden sein, dagegen, wenn einige Zeit keine Niederschläge stattgefunden haben, verschwunden sein wird. An Stellen, wo das Wasser nicht abfließen kann, wird es sich ansammeln und zum Teil, wenn keine neuen Niederschläge erfolgen, in den oberen Schichten wieder verdunsten. Die Menge des unterirdischen Wassers hängt demnach ab von der Menge der Niederschläge: Ein Teil läuft oberirdisch ab, je nach der Neigung des Bodens u. s. w. und gelangt in Bäche, Flüsse, Teiche oder Seen, ein anderer Teil verdunstet oberirdisch wieder. Nur der Rest dringt in den Boden ein, mehr *oder weniger*, je nach der Bodenbeschaffenheit. Jedenfalls aber wird

bei reichlichen Niederschlägen das Wasser reichlich in den Boden eindringen, bei langer Trockenheit aber wird ein Teil dieses eingedrungenen Wassers auch wieder verdunsten. Denn die über dem Wasser in den Poren des Bodens enthaltene Luft kommunizirt mit der Luft darüber, und so findet die Verdunstung statt, besonders da das Wasser durch Kapillarität in die Höhe gehoben wird und der Verdunstung deshalb eine große Oberfläche bietet. Die oberen Schichten können daher zeitweise vollständig trocken werden, was sich bei thonhaltigem und feinkörnigem Boden durch Risse und Spalten offenbart. Die tieferen Schichten werden aber auch nach länger anhaltender Trockenheit feucht bleiben, und in noch größerer Tiefe endlich wird wirkliches Wasser da sein d. h. die ganze Masse der Erde wird in ihren Lücken mit Flüssigkeit erfüllt sein und es auch in den Pausen zwischen den einzelnen Regengüssen bleiben.

Verhalten desselben im Boden.

18. Alle diese Verhältnisse lassen sich leicht gleichsam an einem Modell des Erdbodens zeigen, indem man Wasser in ein mit porösem Material gefülltes Glasgefäss (vgl. Fig. 1) gießt. Das Wasser sammelt sich auf dem Boden an, die oberen Schichten, durch welche das Wasser durchgedrungen ist, bleiben zunächst auch nass. Lassen wir aber das Glasgefäß hier im warmen Hörsaal stehen, so finden wir nach einigen Tagen, dass diese oberen Schichten durch Verdunstung des Wassers wieder trocken geworden sind, was man an dem Farbenunterschied der nassen und trocknen Sandschichten erkennen kann. Zugleich sehen Sie an der mit dem Gefäß kommunizirenden engen Röhre, welche als Wasserstandszeiger dient, dass das Wasser in dieser Röhre und daher auch in dem Boden bis zur Höhe *aa* steht. Warten wir aber noch länger (und wir werden zu diesem Zwecke das Gefäß ruhig hier an seinem Platze stehen lassen), so wird das Niveau des Wassers durch die weitere Verdunstung immer mehr sinken. Nehmen wir zu irgend einer Zeit eine Probe des Sandes aus verschiedenen Tiefen, so finden wir, dass derselbe in den oberen Schichten ganz trocken, in den mittleren Schichten (nahe über dem am Boden stehenden Wasser) aber feucht ist, weil das hier verdunstende Wasser immer durch neues, durch die Kapillarattraktion von unten aufsteigendes ersetzt wird. Was wir

Fig. 1.



hier im kleinen an dem Sande beobachten, das finden wir auch im großen bestätigt an dem Boden, auf welchem wir wohnen, sei es dass wir Proben aus dem Boden mittels des Erdbohrers entnehmen, oder dass wir einen Schacht abtäufen oder eine Grube in den Boden machen. Stets können wir, wenn der Boden porös, und unter dieser porösen Schicht eine Lage von Thon oder Fels liegt, die im Experiment beobachteten Verhältnisse wiederfinden. Es wird oben eine trockene, darunter eine feuchte und ganz unten eine nasse ganz mit Wasser, welches die Poren vollkommen ausfüllt, durchsetzte Schicht gefunden werden. Dieses unterirdische Wasser wollen wir das Grundwasser nennen. Es wird unter den angegebenen Verhältnissen immer angetroffen werden, ausgenommen etwa, wenn die Neigung der Thonschicht eine sehr beträchtliche ist.

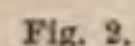
Wenn aber, wie es in Folge von Lageveränderungen nicht selten ist, die ursprünglich durch Ablagerung aus früheren Gewässern ganz horizontale Thonschicht eine schiefe Lage bekommen hat, dann kann es vorkommen, dass da wo eine solche Schicht vollständig zu Tage tritt, alles Wasser, welches auf der einen Seite auf den Boden fällt, hier eintritt und auf dieser Thonschicht sich ansammelt oder auch an ihr entlang abfließt, dass dagegen alles Wasser, welches auf den Boden jenseits dieser Schicht fällt, gar nicht in Wechselwirkung treten kann mit dem Boden auf der andern Seite dieser Thonschicht.

Mehrfache Thonschichten.

19. Man findet auch häufig, dass solche Thonschichten mehrmals aufeinander folgen, indem Thon und Sand abwechseln. Dies kann offenbar nur dadurch zustande gekommen sein, dass in früheren Epochen das Land sich gesenkt oder gehoben hat. Denken wir uns einen grossen Binnensee, in welchen sich Flüsse ergießen, so führen diese immer Erdreich, gröbere oder geringere Teilchen des abgeriebenen Bodens, Sand etc. mit sich. Je gröber diese Teilchen sind, desto schneller setzen sie sich zu Boden, und umgekehrt die feineren werden länger im Wasser schweben. Wenn nun ein Fluss in ein größeres Becken hineinströmt, wo die Geschwindigkeit geringer wird, so werden die groben Teilchen zu Boden sinken. In diesem Falle ist es klar — und wir finden das bei jedem großen Fluss, der durch einen See hindurchfließt — dass wenn ein Fluss Sandmassen mitbringt, er diese zuerst ablagert, während der feine Schlamm weiter in den See hineingetragen wird und sich an einer andern Stelle ablagert. Wenn dann aber das Land sinkt, dann kann auf diese Sandschicht wieder Thon abgelagert werden. Wird aber das Land gehoben (und

die Erhöhung findet ja durch die Ablagerungen selbst immer statt), so gräbt sich der Fluss in seine eigenen Ablagerungen ein neues Bett, führt jetzt den Sand weiter mit sich und lagert ihn auf dem schon früher abgelagerten Thon. So kann es kommen, dass Thon- und Sandschichten wiederholt abwechseln. Finden wir eine zweite Thonschicht, welche zur ersten parallel verläuft, so ist es klar, dass Flüssigkeit, welche in den zwischen den beiden Thonschichten enthaltenen porösen Boden eingedrungen ist, unter dem Druck, unter dem sie steht, fortgetrieben sich in dieser Schicht fortschieben muss.

Dieses Wasser, welches sich unter der obersten Thonschicht befindet, hat nicht mehr dieselben Beziehungen zum Boden und zur Atmosphäre wie das Grundwasser, es interessirt uns aber in anderer Weise. Das Grundwasser ist, wie ich schon angedeutet habe, und wie wir fernerhin noch weiter sehen werden, vielfach verunreinigt und nicht immer für die verschiedenen Zwecke, denen das Wasser zu dienen hat, zu gebrauchen. Wenn wir aber tiefer gehen, indem wir die oberste oder auch mehrere der aufeinanderfolgenden Thonschichten durchbohren, so gelangen wir häufig auf gutes, insbesondere auch zum Trinken geeignetes Wasser. Wir können dasselbe heben, durch Schöpfen oder Pumpen; zuweilen sehen wir es aber auch in einer in das Bohrloch eingesenkten Röhre von selbst in die Höhe steigen. Wenn nämlich die Schichten des Thons, zwischen denen das Wasser eingeschlossen ist, gegen den Horizont geneigt sind, so muss das Wasser nach dem Prinzip der kommunizirenden Röhren so hoch in dem Bohrloch steigen, als es zwischen den Thonschichten steht. Unter Umständen, namentlich, wenn die abwechselnden wasserhaltigen und wassernichtdurchlassenden Schichten muldenförmig gebogen sind, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, kann das unter hohem Druck stehende Wasser in Form eines natürlichen Springbrunnens in die Höhe getrieben werden. Wir haben es dann mit einem artesischen Brunnen zu thun,


Fig. 2.



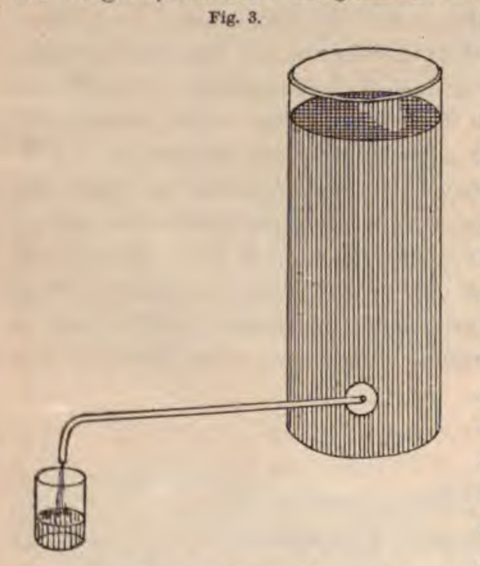
so genannt nach der Grafschaft Artois in Frankreich, wo solche Brunnen zuerst hergestellt wurden.

ion assers len.

20. Solche Wasser, welche sich durch lange Strecken innerhalb des Bodens fortbewegt haben, haben in zweierlei Richtungen Veränderung erfahren. Einmal wird der Boden als ein Filter wirken. Wenn das Wasser sich durch den porösen Boden durchbewegt, so können in ihm aufgeschwemmte ungelöste Teilchen nicht mit gehen, wenn sie größer sind als die Poren. Auch dies kann ich Ihnen an dem Sandboden innerhalb eines Glasgefäßes sehr deutlich zeigen, indem ich auf den Boden ein recht schmutziges, viele aufgeschwemmte Teilchen enthaltendes Wasser aus einem unserer städtischen Abzugskanäle gieße. Die Schmutzteile werden in den oberen Sandschichten zurückgehalten, und was unten ankommt, ist klares Wasser, das in der am Gefäß angebrachten kommunizirenden Röhre in die Höhe steigt. Drehe ich jetzt diese Röhre innerhalb der Tubulatur, so dass sie nach abwärts geneigt ist (Fig. 3), so fließt das klare, filtrirte Wasser in das untergesetzte Glas ab.

Natürlich wird diese filtrirende Kraft um so größer sein, je länger der Weg ist, den die Flüssigkeit im Boden zurücklegt. Denn da gröbere und kleinere Zwischenräume sich im Boden befinden, so werden nach und nach alle Schmutzteilchen irgendwo hängen bleiben, und zuletzt wird die Reinigung eine vollständige sein können. Dies betrifft zunächst nur die ungelösten Bestandteile. Aber es ist zweitens zu bemerken, dass auch die im Wasser gelösten Bestandteile nicht einfach hindurchfließen wie durch einem Papierfilter, sondern dass dem Boden, besonders gewissen Bodenarten, eine Fähigkeit zukommt, gelöste Teile mit Auswahl zurückzuhalten. Auf der Oberfläche der einzelnen Körnchen werden die gelösten Bestandteile gleichsam durch Anziehung verdichtet. Am bekanntesten ist ja diese Eigenschaft bei feinpulveriger Kohle, welche wir deshalb benutzen, um gefärbte

Fig. 3.



Flüssigkeiten zu entfärben, oder riechende Substanzen geruchlos zu machen.

Aufnahme von Stoffen aus dem Boden.

21. Auf diese Weise gehen also aus dem Wasser, welches sich innerhalb des Bodens bewegt, gewisse Bestandteile verloren. Andererseits können aber auch andere Bestandteile in das Wasser übergehen. Und so kommt es, dass das Wasser, wenn es sich weit bewegt, eine andere Beschaffenheit hat, als das Wasser, das auf den Boden fiel. Dieses ist aus Wasserdampf kondensirt, sollte also chemisch rein sein; dies ist freilich nicht der Fall, weil es schon in der Atmosphäre Gelegenheit hat, sich zu verunreinigen mit Ammoniak, Salpetersäure, Ruß etc. Noch mehr wird das Wasser verunreinigt, wenn es auf Dächer fällt oder auf dem Boden eine Strecke weit fließt, endlich im Boden selbst in den oberen Schichten, wo Tier- und Pflanzenteile absterben und verwesen und anderer Unrat, von welchem später noch die Rede sein wird, in Masse vorhanden zu sein pflegt. Diese Verunreinigungen des Wassers bleiben nun bei seiner unterirdischen Filtration zurück; dagegen nimmt es wieder andere Stoffe auf, vor allem solche, die leicht löslich sind. Zu diesem gehören die Kalksalze. Der Kalk ist sehr verbreitet, bildet ganze Gebirge, entweder als Kalkstein mit seinen Abarten oder als Beimengung zu anderen Stoffen, wie im Sandstein, oder er ist dem lockeren Boden beigemengt. In der Regel ist er als kohlensaurer Kalk vorhanden. Derselbe ist zwar schwer löslich; aber das Wasser im Boden enthält immer mehr oder weniger Kohlensäure und diese erteilt dem Wasser die Eigenschaft, viel mehr Kalk aufzulösen, als reines Wasser. Es kann uns also nicht wundern, dass solches Wasser eine ganz andere Beschaffenheit annimmt während seiner Wanderschaft im Boden. Wir werden später uns noch eingehend mit diesem Wasser zu beschäftigen haben. Jetzt aber wenden wir uns wieder zum Grundwasser zurück und zu den mit diesem zusammenhängenden Vorgängen in den oberflächlichen Bodenschichten.

Dritte Vorlesung.

Das Grundwasser.

Verunreinigung des Grundwassers. — Wechsel im Stande des Grundwassers. — Abhängigkeit desselben von Niederschlägen oder Flüssen. — Nasser und trockner Boden. — Beziehungen zur Tuberkulose. — Weitere Aufgaben.

Verunreinigung des Grundwassers.

22. Das Grundwasser, wie wir es durch einen bis in dasselbe, aber nicht tiefer als bis zur ersten Wasser nicht durchlassenden Schicht hinabreichenden Schacht unsrer Untersuchung zugänglich machen können, ist ein mit sehr vielen Substanzen verunreinigtes Wasser. Es enthält alles, was der Regen auf seinem oberirdischen Weg mitgenommen hat, ferner alles, was er aus den oberen Schichten ausspült. Ausser den Produkten des im Boden vorhandenen animalischen und vegetabilischen Lebens kommen hauptsächlich in Betracht diejenigen Stoffe, welche der Mensch selber dem Boden mitteilt, die sogenanten Abfälle. Diese sind sehr verschiedener Art. Wir können unterscheiden: 1) Abfälle des physiologischen Lebens, die Exkremente von Menschen und Tieren, die, wenn sie auf den Boden gelangen, vom Wasser ausgelaugt oder fortgespült teils gelöst, teils aufgeschwemmt mit dem Wasser vielfach in den Boden eindringen. 2) Abfälle des ökonomischen Lebens, Spülwasser etc., 3) Abfälle des gewerblichen Lebens: was abfließt aus Schlächtereien, Gerbereien, Fabriken aller Art, Massen der verschiedensten Beschaffenheit und Zusammensetzung, je nach dem Gewerbe. Endlich 4) Straßenunrat, welcher unmittelbar von dem Regen oder auch bei Gelegenheit der Straßenreinigung, zum Teil in den Boden eindringt; in seiner Zusammensetzung zum größten Teil ein Gemenge der drei erstgenannten Kategorien von Abfällen. Alle diese Massen sind meist organischer Natur und sie können in dem Grundwasser chemische Veränderungen eingehen.

Wechsel im Stande des Grundwassers.

23. Das Niveau des Grundwassers ist nicht konstant. Denn es fällt das atmosphärische Wasser periodenweise bald stark bald schwach auf den Boden. Wenn wir annehmen, dass es eine Zeit lang viel Niederschläge gegeben hat, so muss das Wasser sich sammeln und das Grundwasserniveau steigen; zu andern Zeiten wird es fallen. Wir können daher von einer festen Grenze des Grundwasserstandes nicht reden, sondern müssen eine höchste und eine niederste Grenze an-

nehmen, zwischen welchen der Grundwasserstand wechselt, je nach Regen- und trockenen Perioden. Da nun diese Schwankungen auch wiederum auf die Prozesse, die darüber stattfinden, einen Einfluss haben, so ist die Untersuchung des Grundwassers von Bedeutung für die Hygiene.

Bei der Wichtigkeit des Grundwassers in seinem Rückwirken auf die Verhältnisse, die über ihm vorgehen, war es ein Fortschritt von nicht geringer Bedeutung, dass PETTENKOFER die Beobachtung des Grundwassers in die Hygiene einführte. Man kann diese Beobachtungen an den schon erwähnten Brunnen anstellen, die man so tief gegraben hat, dass sie in das Grundwasser hineinreichen, also fast bis auf die erste nicht durchlässige Schicht. Nach einiger Zeit wird sich in dem Schachte das Wasser sammeln und heben bis zu einer gewissen Höhe und dies ist die Höhe des Grundwassers. Diese Höhenverhältnisse ändern sich wie gesagt je nach Regen oder Trockenheit und das Niveau muss in einem solchen Bohrloch, wenn auch wegen der Widerstände in dem umgebenden Erdreich etwas verlangsamt, alle Schwankungen des Grundwassers mitmachen. In solchen Brunnenschachten, seien sie nun schon vorhanden oder eigens zu dem Zwecke angelegt, wird die Höhe des Wasserstandes in angemessenen Zwischenräumen, etwa alle 8–14 Tage bestimmt, indem man den Abstand des Wasserspiegels von der Erdoberfläche misst. Man kann so verfahren, dass man eine graduirte Stange einsenkt und sieht wie weit sie nass geworden ist. Will man die Messungen noch öfter und genauer machen, so kann man dies durch einen selbstthätigen Schwimmer bewirken, z. B. einen metallenen Kasten, der aufrecht schwimmt und oben an einer Schnur befestigt ist, welche über eine Rolle läuft. Durch ein kleines Gegengewicht ist die Schnur gespannt. Steigt das Wasser so geht der Schwimmer in die Höhe, sinkt es, so geht er herunter und durch einen angebrachten Zeiger kann man auf einer Skala das Resultat ablesen.

Abhängigkeit desselben von Niederschlägen oder Flüssen.

24. Diese Messungen sind nach Vorgang PETTENKOFER's an verschiedenen Orten gemacht worden und haben ein Interesse, wenn sie verarbeitet und in Zusammenhang gebracht werden mit dem Verlauf bestimmter Krankheiten. Wir werden darauf bei der Besprechung des Typhus zurückkommen. Im allgemeinen hängen die Grundwasserschwankungen in der schon bezeichneten Weise von den atmosphärischen Niederschlägen ab. In flachen Gegenden aber, welche von einem Fluss durchströmt werden und wenn der Boden sehr durchlässig für Wasser ist, zeigt sich auch ein Zusammenhang zwischen dem Grund-

wasserstand und dem Stand des Wassers im Fluss. Sinkt das Wasser in diesem, so sickert das Grundwasser nach dem Flussbett hin ab und zeigt daher auch die Tendenz zum Fallen. Steigt aber das Wasser im Flussbett, so staut sich auch das Grundwasser, da es nicht abfließen kann, oder es tritt sogar ein Durchsickern von Flusswasser in den lockern Uferboden ein, und das Grundwasser steigt in diesem. Mittelbar ist ja auch das Steigen und Fallen des Wassers im Fluss von den atmosphärischen Niederschlägen abhängig, aber von den Niederschlägen in dem ganzen Gebiet, aus welchem der Fluss seine Zuflüsse erhält. Wo aber ein solcher Zusammenhang zwischen Fluss Grundwasser seines Uferlandes nicht besteht, da hängen die Schwankungen des Grundwasserstandes viel mehr von den unmittelbar auf den betreffenden Boden fallenden atmosphärischen Niederschlägen ab.

Nasser und trockener Boden.

25. Ist der Grundwasserstand im allgemeinen ein hoher, d. h. sinkt er auch bei seinem niedrigsten Stand nicht tief unter die Erdoberfläche so werden die oberen Erdschichten natürlich immer feuchter bleiben als im umgekehrten Falle. Kommt noch dazu, dass diese oberen Schichten aus Stoffen bestehen, welche das aufgenommene Wasser lange und zähe festhalten, was z. B. bei reinem Sandboden sehr wenig, bei mit Thon untermischtem Boden sehr viel mehr der Fall ist, so kann der Boden selbst in den obersten Schichten immer oder doch wenigstens während langer Zeitperioden nass bleiben. Dies ist z. B. bei Sümpfen der Fall, welche nur selten oder nie austrocknen. Ein solcher nasser Boden kann besondre Einwirkungen auf den Gesundheitszustand ausüben. Bekanntlich gibt Sumpfboden häufig Veranlassung zu den sogenannten Malaria-Krankheiten. Wir werden später sehen, daß viele, und wahrscheinlich sogar alle sogenannten Infektionskrankheiten (und zu diesen gehört auch die Gruppe der Malaria-Krankheiten) Beziehungen zu bestimmten niederen Organismen, Spaltpilzen oder Schizomyceten, haben. Diese können wahrscheinlich in dem nassen oder feuchten, mit organischen Stoffen durchsetzten Boden wuchern und sich massenhaft vermehren und von da auf irgend eine, noch unbekannte Weise in den Menschen gelangen und die Erkrankung bewirken. Da es an jenen organischen Verunreinigungen im Boden nirgends fehlt, so ist Nässe des Bodens, welche die Wucherung jener Pilze begünstigt, an und für sich als eine hygienische Schädlichkeit anzusehen. Durch Austrocknung des Bodens allein, durch Drainirung, Anlegung von Abwässerungsgräben kann also unter Umständen eine ungesunde Gegend gesunder gemacht werden, wie dies in der That bei den sumpfigen Malarianiederungen am Meeres-

strand, den Marschen und Poldern der Nordseeküsten teilweise thatsächlich geschehen ist, und wie es jetzt bei den Sümpfen der römischen Campagna auf GARIBALDI's Anregung versucht wird.

26. Dass auch für andre Infektionskrankheiten das Gleiche gilt, scheint aus folgenden Untersuchungen eines englischen Arztes, Namens BUCHANAN, hervorzugehen. Um festzustellen, ob Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens einen Einfluss haben auf die Tuberkulose, untersuchte er eine Anzahl von Distrikten (Counties) von ähnlicher geologischer Beschaffenheit und ordnete sie nach der Häufigkeit an Tuberkulose. Er suchte zu diesem Behuf aus den Sterberegistern heraus, wie viel Menschen in jedem Distrikt an Tuberkulose gestorben waren. Da gab es einzelne Distrikte, wo die Tuberkulose selten, andere, in denen sie häufig war. Er ordnete dieselben in einer Tabelle, welche von den seltenen zu den häufigen fortschritt. Nachdem er so diese Tabelle aufgestellt hatte, verschaffte er sich genaue Zahlenangaben über die Beschaffenheit des Bodens, in welchem Unterschiede in der Weise waren, dass Sand- und Thonboden innerhalb des Distriktes abwechselten. Beim Thonboden, d. h. da wo die Menge von Thon in den oberen Schichten eine beträchtliche ist, ist der Boden viel wasserhaltiger und behält dieses Wasser länger als lockerer Sandboden. Es stellte sich nun beispielsweise heraus, dass in dem 15. Distrikt der Boden aus rund 95 % Sand und 5 % Thon bestand. Bei dem 56. Distrikt bestand er zu 30 % aus Sand und 70 % Thon. Kurz in dem Maße, wie die Sterblichkeit an Tuberkulose zunahm, nahm der Gehalt des Bodens an Sand ab und an Thon zu. Nun kann eine solche thatsächlich vorhandene Übereinstimmung eine rein zufällige sein. Aber es ist jedenfalls bemerkenswert, dass eine Wiederholung dieser Untersuchung, welche in Amerika vorgenommen wurde, zu demselben Resultat führte; und man darf den Schluss daraus ziehen, dass zwischen Bodenfeuchtigkeit und Tuberkulose ein gewisser Zusammenhang besteht.

Beziehungen zur Tuberkulose.

27. Derartige Untersuchungen sind bis jetzt leider noch nicht in genügender Menge vorhanden, um etwas sicheres aus ihnen zu schließen. Wir müssen uns einstweilen mit der Erkenntnis begnügen, dass zwischen Boden und Gesundheit Beziehungen bestehen und müssen suchen, diesen Verhältnissen näher zu kommen, indem wir die physikalischen und chemischen Prozesse, vor allen Dingen aber die wahrscheinlich dort ablaufenden Entwicklungs- und Vermehrungsvorgänge lebender Organismen, welche als Krankheitserreger wirken, zu erforschen suchen. Wir stehen der Lösung der schwierigen Aufgaben,

Weitere Aufgaben.

welche für die wissenschaftliche Hygiene von grosser Bedeutung zu werden versprechen, noch sehr fern. Das Wenige, was bis jetzt festgestellt ist, will ich Ihnen kurz mitteilen. Ich werde mich dabei aber zunächst nur auf die einfacheren, physikalischen und chemischen Prozesse beschränken. Auf die niederen Lebewesen als Infektionsträger komme ich an einer späteren Stelle zurück.

Vierte Vorlesung.

Die Grundluft.

Chemische Prozesse im Boden. — Grundluftstationen. — Untersuchung derselben auf Kohlensäure. — Titrirung mit Oxalsäure. — Berechnung des Titrirergebnisses. — Schwankungen des CO_2-gehalts. — Natur der Vorgänge im Boden. — NH_3 und SH_2 in der Grundluft.

28. Nicht bloß innerhalb des Grundwassers, noch viel mehr gehen chemische Veränderungen in der Zwischenschicht vor, wo der Boden nicht nass, wo er vielmehr nur feucht ist, wo die Flüssigkeit in dünnen Schichten an den Wänden der kapillaren Räume haften. Denn das eigentliche Grundwasser ist, wenn auch sehr verunreinigt, doch weniger chemischen Veränderungen unterworfen, weil es an dem Hauptagens der Veränderung, dem Sauerstoff, fehlt. Dagegen in den Poren der oberen Schichten, wo sich die Flüssigkeit nur in Gestalt eines Überzugs an den Wänden vorfindet und wo die Kommunikation mit der Luft vorhanden ist, wird der Sauerstoff direkt auf die Flüssigkeit wirken und chemische Zersetzung hervorrufen. Hauptsächlich in diesen Schichten also wird die organische Substanz teilweise oxydirt und das schließliche Resultat ist, dass der Kohlenstoff in Kohlensäure verwandelt wird, während der Stickstoff zum Teil in Salpetersäure übergeht, zum teil in Ammoniak und aus dem Wasserstoff Wasser wird. Daraus folgt, dass in dem Boden eine reichliche Quelle von Kohlensäureproduktion vorhanden ist, und daß die Luft welche sich im Boden befindet sich in ihrer chemischen Zusammensetzung wesentlich unterscheidet von der atmosphärisehen Luft durch geringeren Gehalt an Sauerstoff und größeren an Kohlensäure, weil der Sauerstoff durch Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlensäure verbraucht wird. **Chemische Prozesse im Boden.**

29. Wir bezeichnen die in den Poren des Bodens oberhalb des Grundwassers vorhandene Luft als G r u n d l u f t. Auch zur genaueren Untersuchung der Grundluft hat Pettenkofer die erste Anregung gegeben. Er richtete zu diesem Zwecke sogenannte Grundluftstationen ein, welche gestatten die Luft innerhalb des Bodens auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen. Die erste derartige Station legte Pettenkofer in der Weise an, dass er einen Schacht ausheben ließ bis nahe an den höchsten Stand des Grundwassers. **Grundluft-stationen.**

Tiefer kann man nicht gehen, da man sonst an Stellen käme, welche statt Grundluft zuweilen schon Grundwasser enthalten. Es wurden dann Bleiröhren bis zu verschiedenen Tiefen eingesenkt, und der Schacht mit der ausgegrabenen Erde wieder angefüllt und fest gestampft. Man kann annehmen, dass sich nach einiger Zeit ein Ausgleich zu den ursprünglichen Verhältnissen vollzogen hat und die Luft, welche sich jetzt im Boden befindet und die Röhren umgibt, dieselbe ist wie in den umgebenden Teilen des Bodens. Noch besser ist es, wenn man in der Weise, wie es v. Fodor in Pest gethan hat, statt den Boden auszugraben, feste Röhren anwendet, die man einrammen kann und die seitlich Löcher für den Eintritt der Luft haben. Auch hier in Erlangen wurde eine solche Station angelegt und dazu wurden verwendet Gasröhren in einer lichten Weite von 2—3 cm. Diese wurden unten mit einem festen eingeschraubten Dorn von Stahl versehen, seitlich, dicht über jenem Dorn wurden einige Löcher eingebohrt. Diese Röhren wurden bis zu der gewünschten Tiefe in den Boden eingerammt; an ihren oberen Enden wurden dann Bleiröhren luftdicht angefügt und diese bis ins Laboratorium geleitet. Dort verbindet man diese Röhren mit einem Aspirator, in einfachster Weise bestehend aus einer großen Flasche, deren ziemlich weite Mündung verschlossen ist mit einem Kork mit doppelter Bohrung. Durch die eine Öffnung geht eine Glasröhre, welche dicht unter dem Kork endigt, durch die andere eine solche bis fast auf den Boden der Flasche. Diese wird mit Wasser gefüllt und man misst zuerst die Flasche auf ihren Rauminhalt. Man saugt dann etwas an der langen Röhre bis dieselbe sich mit Wasser gefüllt hat und schließt die sie verlängernde Kautschukröhre mittels einer Klemme. Verbindet man nun die Bleiröhre der Station mit der kurzen Glasröhre der Flasche und öffnet den Verschluss der anderen Röhre, so dass Wasser aus der Flasche ausfließen kann, so wird die Grundluft in die Flasche angesogen. Um das etwaige Eindringen der Laboratoriumsluft in die Flasche zu verhüten, taucht man die Abflußröhre in einen kleinen Napf mit Wasser und sperrt sie so ab. Die übergesogene Luft dient nun zur Untersuchung.

Man hat auch eigene Aspiratoren aus zwei übereinanderstehenden, mit einander verbundenen Gefäßen konstruirt, welche um eine gemeinsame, zwischen ihnen liegende horizontale Axe drehbar sind. Das untere wird mit Wasser gefüllt und dann nach oben gedreht; während das Wasser aus ihm ausfließt, saugt es durch eine zweite Öffnung Luft ein. Ist alles Wasser ausgeflossen, so dreht man wieder

um und kann die Aspiration von neuem beginnen lassen. Wir erreichen denselben Zweck, indem wir von zwei Flaschen, wie die oben beschriebene, die bis an den Boden reichenden Glasröhren durch einen langen Gummischlauch mit einander verbinden. Die eine Flasche ist mit Wasser gefüllt, die andre leer; durch Saugen an dem kurzen Rohr der letzteren bewirke ich jetzt, dass der verbindende Gummischlauch und das auf den Boden reichende Rohr mit Wasser gefüllt sind; dann klemme ich den Schlauch mit einer starken federnden Klemme zu Stelle ich die gefüllte Flasche höher als die leere und öffne mittels einer Schraube die Klemme ein wenig, so fließt das Wasser langsam aus der höheren in die tiefere Flasche, und in die erstere wird Luft eingesogen. Ist alles Wasser übergelaufen, so wechsele ich die Flaschen und kann von neuem aspiriren. Durch die Schraubenvorrichtung an der Klemme kann ich die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft aspirirt werden soll, nach Belieben abstufen.

30. Will man nur den Kohlensäuregehalt der Grundluft untersuchen, so verfährt man in folgender Weise: Zwischen den Erdröhren und der Aspiratorflasche schaltet man einen Apparat ein, durch welchen die Luft langsam hindurchstreichen muss und in welchem alle CO_2 absorbirt wird, so dass man dieselbe bestimmen kann. So könnte man z. B. zwischen Erdröhren und Aspirator eine kleine Flasche anbringen mit Kalilauge gefüllt, welche die Kohlensäure absorbirt. Besser benutzt man dazu eine Barytlösung, in welcher man die Kohlensäure durch das Gewicht bestimmen kann oder auf dem von Pettenkofer angegebenen Wege der Titrirung. Leitet man Kohlensäure durch eine Barytlösung, so bildet sich Baryumkarbonat, welches als weißes Pulver zu Boden fällt. Man kann dieses wägen und die Menge der absorbirten Kohlensäure aus dem Gewicht des Baryumkarbonats bestimmen. Die Titrirmethode gibt eben so genaue Ergebnisse und ist bequemer auszuführen. Zu diesem Zweck stellt man sich eine große Menge des Barytwassers her, und bewahrt dasselbe in einer Flasche auf, die so eingerichtet ist, dass sie durch einen Heber das Wasser abzulassen gestattet. Es ist gut, die Flasche so einzurichten, dass die beim Ablassen des Barytwassers eingesogene Luft erst durch ein U förmiges Rohr streicht, das mit kleinen Stückchen von Ätznatron gefüllt ist. Dadurch wird alle Kohlensäure oder Chlorwasserstoff u. d. g., welche etwa in der Laboratoriumsluft enthalten sein könnten, zurückgehalten. Sie sehen hier eine solche Flasche (Fig. 4 a. f. S.), aus welcher ich jetzt eine Probe der Flüssigkeit in

Untersuchung derselben auf Kohlensäure.

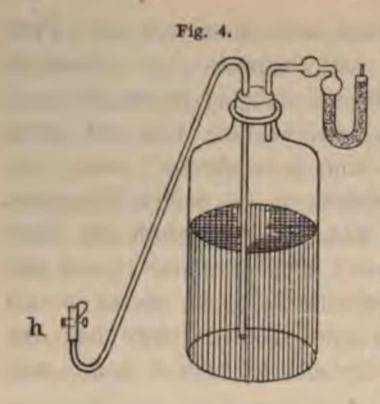


Fig. 4.

eine bei h angesetzte Pipette übertreten lasse. Der Baryumgehalt einer solchen Flüssigkeit ist nicht konstant, aber man kann ihn durch Titriren genau bestimmen: Die Reaktion der Flüssigkeit ist alkalisch; ein Tropfen desselben, auf gelbes Curcumapapier gebracht, färbt dasselbe braun. Fügt man nun eine verdünnte Säure zu der Lösung, so wird man eine bestimmte Menge zufügen müssen, um alles Baryum zu binden; sowie man aber einen Überschuss hinzufügt, wird die Reaktion sauer. Man kann aus der Menge der angewandten Säurelösung berechnen, wie viel Baryum in der Lösung vorhanden war. Es hat sich herausgestellt, dass sich Oxalsäure in einer gewissen Konzentration hierzu am besten eignet.

Titrirung mit Oxalsäure.

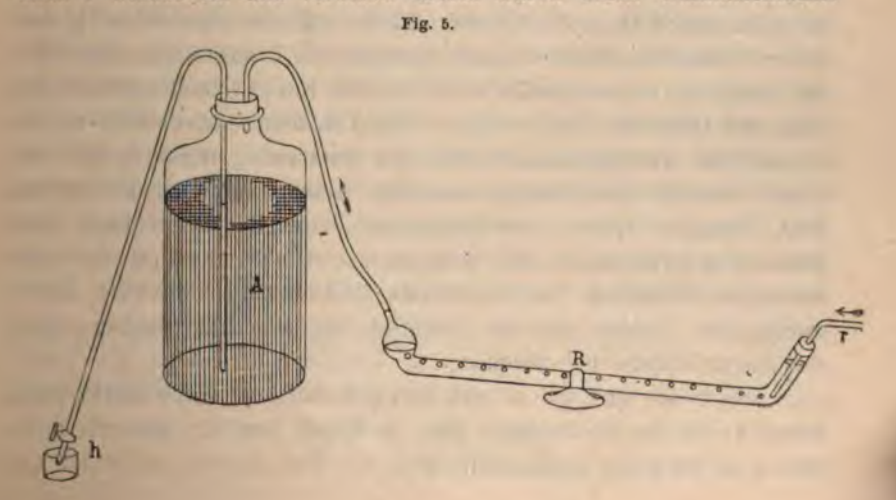
31. Ich habe hier in einer zweiten Flasche eine solche verdünnte Oxalsäurelösung. Ich fülle damit eine Bürette bis zum Nullpunkte und lasse aus derselben zu der vorhin entnommenen Probe des Barytwassers zufließen. Es bildet sich Baryumoxalat und dies vermehrt sich so lange, bis alles in der Probe enthaltene Baryum an Oxalsäure gebunden ist. Sowie ich noch einen einzigen Tropfen Oxalsäurelösung mehr hinzufüge, so wird die Flüssigkeit, welche ursprünglich stark alkalisch war, sauer. Ich könnte dieses Sauerwerden erkennen, indem ich von Zeit zu Zeit eine Probe nehme und auf Curcuma- oder blauem Lakmuspapier prüfe. Bequemer aber noch ist folgendes Verfahren. Ich füge zu dem Barytwasser etwa $^1/_2$ ccm dieser roten Flüssigkeit, einer alkoholischen Rosolsäurelösung. Wie Sie sehen, entsteht dadurch eine intensiv rote Färbung. Indem ich dann die Oxalsäure zufließen lasse, wird in dem Augenblick, wo die letzte Spur des freien Baryts sich mit Oxalsäure verbindet, die rote Farbe plötzlich verschwinden und einer schwach gelblichen Färbung Platz machen. Dieser Farbenumschlag, welcher, wie gesagt, ganz plötzlich eintritt, dient mir als Index für den Augenblick der vollständigen Sättigung der Barytlösung. Und die zu diesem Zweck verbrauchte Oxalsäuremenge gestattet mir also, den Baryumgehalt des Barytwassers zu berechnen.

Wenn ich nun die so auf ihren Gehalt geprüfte Barytlösung benutze, um die Kohlensäure der Grundluft von ihr absorbiren zu lassen, so wird die Kohlensäure sich mit dem Baryum verbinden und

Baryumkarbonat wird ausfallen. Nimmt man dann von dem Rest wieder eine Probe und titrirt wieder mit Oxalsäure, so gebraucht man jetzt weniger Säure, und die Differenz steht in einem gewissen Verhältnis zu der Kohlensäuremenge, welche man also auf diese Weise berechnen kann. Würde man eine konzentrirte Lösung von Oxalsäure anwenden, so würde die Differenz in den beiden Versuchen sehr klein sein. Am besten verfährt man so: Man wählt die Konzentration der Oxalsäurelösung so, dass 1 ccm Oxalsäure ebenso viel Baryum binden kann als 1 mgr Kohlensäure. Die hierzu nötige Menge kann man aus den Aequivalentzahlen der Oxalsäure und der Kohlensäure berechnen und die Richtigkeit des Titres kann man durch Versuche prüfen.

Um nun auf diesem Wege die Kohlensäure zu bestimmen, welche sich in der Grundluft befindet, muss man also die Barytlösung zwischen Bleiröhre und Aspirator einschalten. Eine gewöhnliche Wasserflasche ist hiezu nicht zuverlässig genug. Pettenkofer hat daher eigene Barytröhren angegeben, welche eine größere Garantie gewähren, dass die Kohlensäure vollständig gebunden wird, indem die Glasbläschen langsam durchstreichen und länger in Berührung mit der Barytlösung sind. Die Röhre von der in Fig. 5 ersichtlichen Form wird am breiten Ende durch einen Kork verschlossen, durch welchen ein dünnes Gläsröhrchen geht, das an der Umbiegestelle endigt. Die Röhre, welche sie hier sehen, fasst 200 ccm. Ich entnehme aus der oben beschriebenen Barytflasche (Fig. 4) diese Menge Barytwasser und fülle sie in die Röhre, dann setze ich den Kork mit dem Röhrchen r wieder ein und verbinde dieses durch einen Gummischlauch

Fig. 5.



mit dem Ende des Bleirohrs, welches von der einen in den Boden gerammten Eisenröhre bis hier in den Hörsaal fortgeführt worden ist. Durch einen zweiten Gummischlauch verbinde ich das andere Ende der Röhre R mit dem Aspirator A und jetzt öffne ich vorsichtig den Hahn h. Das Wasser fließt aus dem Aspirator aus und saugt die Luft aus der kugelförmigen Erweiterung der Röhre R an. Sogleich aber dringt die Grundluft, welche jetzt unter einem höheren Druck steht, durch das Röhrchen r nach und streicht durch die Barytröhre. Jedes Bläschen geht langsam durch die sanft ansteigende Röhre hindurch, und die Kraft, mit der dies geschieht, kann man durch den Hahn an der Aspirationsflasche reguliren. Das Bayriumkarbonat fällt zu Boden, die Flüssigkeit aber wird sich in Folge der Schiefstellung an der oberen und unteren Wand entgegengesetzt bewegen, daher immer neu mischen, so dass alle Kohlensäure der Grundluft entzogen wird. Wollte ich mich davon überzeugen, so brauchte ich nur zwei solcher Barytröhren hintereinander zu schalten. In der zweiten muss das Barytwasser, wenn die Grundluft ihre Kohlensäure schon in der ersten ganz abgegeben hat, vollkommen klar bleiben.

Berechnung des Titrirergebnisses.

32. Wie ich Ihnen sagte, habe ich 200 ccm unsrer Barytlösung in die Röhre R gegeben. Ich entnehme jetzt noch 20 ccm derselben Lösung, färbe sie mit Rosolsäure und titrire sie mit Oxalsäure. Aus früheren Versuchen weiß ich, dass 20 ccm dieser Barytlösung mehr als 25 ccm Oxalsäure zu ihrer Sättigung bedürfen. Ich lasse also auf einmal 25 ccm derselben zu der Barytlösung zufließen, schüttle gut um und überzeuge mich, dass die Mischung noch rot ist. Jetzt lasse ich vorsichtig noch etwas Oxalsäure zufließen, immer nur einige Zehntel Kubikzentimeter. Jetzt bemerke ich, dass beim Zufließen der Oxalsäure an der Zuflussstelle die rote Farbe verschwindet; beim Schütteln kehrt sie aber wieder. Die Erklärung dieses Phänomens ist folgende: Die Mischung enthält nur noch wenig freien Baryt, das meiste ist schon in Oxalat verwandelt. Kommt nun noch etwas Oxalsäure hinzu, so wird an der Einflussstelle aller Baryt gebunden: die Farbe verschwindet. In der Flüssigkeit ist aber doch noch freier Baryt im Überschuss; beim Schütteln stellt sich also die rote Farbe wieder her. Wenn ich nun fortfahre, Oxalsäure zuzugeben, aber vorsichtig, Tropfen für Tropfen, so verschwindet zuletzt die Farbe ganz und kehrt auch beim Schütteln nicht wieder. Jetzt ist also aller Baryt in Oxalat verwandelt. Die Ablesung ergibt, dass ich dazu 29,3 ccm Oxalsäure verbraucht habe.

Inzwischen hat sich unsere Aspirationsflasche entleert, und ein der ausgeflossenen Wassermenge gleiches Volum Grundluft ist an dessen Stelle getreten. Dieses aber hat seinen ganzen Kohlensäuregehalt an das Barytwasser in der Röhre R abgegeben. Dieses Barytwasser ist davon ganz milchig geworden. Ich nehme jetzt den Apparat auseinander und entleere das Barytwasser in eine Flasche. Das schwere Baryumkarbonat setzt sich schnell zu Boden, und die darüber stehende Flüssigkeit erscheint bald klar. Wir nehmen von derselben wieder 20 ccm, färben dieselben mit Rosolsäure und titriren. Wir finden, dass die dauernde Entfärbung jetzt schon nach Zusatz von 18,7 ccm Oxalsäure eintritt. Vorher trat sie ein bei 29,3 ccm. Die Differenz ist $29{,}3-18{,}7 = 10{,}6$. Nun haben wir jedesmal zu unsern Proben 20 ccm genommen. In unserer Absorptionsröhre waren aber 200 ccm, d. h. 10×20. Also hat das Barytwasser aus der Grundluft im Ganzen 106 Milligramm Kohlensäure aufgenommen.

Unsere als Aspirator dienende Flasche fasst genau 5 Liter; also enthalten 5 Liter Grundluft 106 mg CO_2 oder 1 Liter 21,12 mg. Aber diese Bestimmung ist noch nicht genau. Sie wissen, dass das Volum der Luft sich ändert mit der Temperatur und dem Druck, unter welchem die Luft steht. Die Temperatur im Hörsaal beträgt jetzt 19,8° C., der Barometerdruck 737 mm Hg. Wenn wir morgen wieder einen derartigen Versuch machen wollten, werden Temperatur und Druck vielleicht ganz andere sein. Um solche Versuche unter einander vergleichen zu können, ist man übereingekommen, alle Volume auf den mittleren Druck von 760 mm Hg und die Temperatur von 0° zu berechnen. Man nennt dies das r e d u z i r t e V o l u m.

Die Abhängigkeit des Volums vom Druck ist eine sehr einfache. Nach dem sogenannten Mariotte'schen Gesetz ist das Volum dem Druck umgekehrt proportional. Wir reduziren also unser Volum (5 l) auf den Normaldruck, indem wir mit 737 multipliziren und mit 760 dividiren. Was den Einfluss der Temperatur betrifft, so wissen wir, dass Luft durch Erwärmen für jeden Grad sich um 0,003665 ihres Volums, das sie bei 0° hat, ausdehnt. 1 Liter Luft von 0° wird also bei 19,8° einen Raum von $1 + 19{,}8 \cdot 0{,}003655$ l oder rund 1,07 l einnehmen. Umgekehrt wird ein Liter bei 19,8° C gemessener Luft auf 0° reduzirt einem Volum von $\frac{1}{1{,}07}$ l entsprechen. Unsere 5 Liter Grundluft haben also das r e d u z i r t e V o l u m

$$\frac{5 \cdot 737}{1{,}07 \cdot 760} = 4{,}531 \text{ l.}$$

Also sind die von uns gefundenen 106 mg CO_2 nicht in 5, sondern in nur 4,531 l Grundluft enthalten gewesen; auf den Liter kommen also in Wirklichkeit nicht 21,2, sondern 23,394 oder abgerundet 23,4 mg.

Nun wiegt 1 l CO_2 bei 0° und 760 mm Hg 1,977 g; also 1 ccm ebensoviel mg. Daraus folgt, dass 1 mg CO_2 bei 0° und 760 mm H = 0,56 ccm sind. Unsere 23,394 mg entsprechen also 13,1 ccm. Soviel sind in einem Liter enthalten, also enthält unsere Grundluft 1,31 % CO_2.

Die hier durchgeführte Rechnung erfordert zu ihrer Ausführung lange nicht soviel Zeit, als ich hier zu ihrer Erklärung brauchte. Für diejenigen, welche viele derartige Bestimmungen zu machen haben, gibt es außerdem Tabellen, durch deren Benutzung die Rechnungen erheblich abgekürzt werden.

Schwankungen des CO_2-gehalts.

33. Der hier gefunde CO_2-gehalt der Grundluft übersteigt, wie Sie sehen, erheblich den der atmosphärischen Luft, der selten den Wert von 0,04 % erreicht. Es sind aber noch viel höhere Werte gefunden worden, so z. B. von v. Fodor in Pest in 4 m Tiefe unter der Oberfläche bis über 14 %. In der That schwanken die Werte außerordentlich sowohl von Ort zu Ort als auch an demselben Ort in der Zeit. Im Winter findet sich durchschnittlich stets weniger Kohlensäure in der Grundluft als im Sommer. Eine Ausnahme macht es nur, wenn eine dichte Schneedecke auf dem Boden liegt; dann steigt der Kohlensäuregehalt. Die Schneedecke vermindert die Diffusion zwischen der Kohlensäure des Bodens und der atmosphärischen Luft, hält daher die Kohlensäure im Boden zurück und steigert den Gehalt. Der Boden ist in den tieferen Schichten feucht und hier gehen die Wechselprozesse der organischen Substanzen und der sie berührenden Luft vor sich. In den oberen Schichten ist dies weniger der Fall, aber alle Kohlensäure kann nur entweichen, indem sie nach oben kommt; also begegnen sich Sauerstoff und Kohlensäurestrom, also muss von oben nach unten die Kohlensäure zu, der Sauerstoff abnehmen. Dass die Kohlensäure im Boden durch Oxydation kohlenstoffhaltiger Substanzen entsteht, ist unzweifelhaft; denn wie die Luft dort reicher an Kohlensäure ist, so ist sie ärmer an Sauerstoff und die Summe beider beträgt immer nahezu so viel als der Sauerstoffgehalt der Luft. Andere Prozesse, die etwa Kohlensäure frei machen, wie die Zersetzung kohlensaurer Salze, können nicht mitspielen, weil die Kohlensäure dann nicht an Stelle des Sauerstoffs treten, sondern sich mit dem dort vorhanden Sauerstoff und Stickstoff mischen würde.

34. Also entsteht im Boden Kohlensäure auf Kosten des Sauerstoffs, höchst wahrscheinlich durch Oxydation organischer Substanz. Natur der Vorgänge im Boden. Aber die Bedingungen dafür sind nicht überall die gleichen. Wo wenig organische Substanz im Boden ist, da findet man immer auch wenig CO_2 — so z. B. in der Grundluft der Wüste. Sind aber die Verunreinigungen durch organische Substanzen sehr groß, so kann auch viel Kohlensäure entstehen. Aber daraus folgt noch nicht, dass wir auch viel finden müssen. Denn erstlich gehen die Oxydationsprozesse nicht immer in gleicher Energie vor sich; zweitens aber entweicht die gebildete Kohlensäure ja fortwährend. Deshalb findet man z. B. in lockerem, sehr durchlässigem Geröllboden meist weniger CO_2 als in dichtem, weniger durchlässigem. Aus demselben Grunde finden wir in den oberen Schichten des Bodens in der Regel weniger Kohlensäure als in den tieferen. Es ist daher notwendig, wenn man Grundluftstationen anlegt, an jeder mindestens zwei Röhren neben einander einzusenken, die eine etwa bis zur Tiefe von 1,5, die andre bis zu 3 oder 4 m.

Einige wertvollere Aufschlüsse kann man erlangen, wenn man die Geschwindigkeit bestimmt, mit der die Kohlensäure sich wieder ansammelt, nachdem sie durch ausgiebige Ventilation des Bodens erschöpft worden ist. Zu diesem Zweck bestimmt man zuerst durch eine Versuchsreihe, innerhalb welcher Grenzen der CO_2-gehalt an einer bestimmten Stelle liegt. Man verbindet dann die betreffende Grundluftröhre mit einer Bunsen'schen Wasserluftpumpe und saugt Tag und Nacht einige Tausend Liter Luft aus dem Boden. Dann macht man wieder eine Reihe von CO_2—bestimmungen. Man findet so, dass je nach dem Grade der Verunreinigung des Bodens der CO_2-gehalt, welcher in Folge der Lüftung sehr abgenommen hat, schneller oder langsamer seinen früheren Stand wiedererreicht.

Auch ist es lehrreich, sich durch künstliche Verunreinigungen, die dem Boden zugeführt werden, über den Einfluss derselben auf die Kohlensäurebildung zu belehren. Wenn man z. B. die Grundluftstation so einrichtet, dass sich an ihrem oberen Ende ein gemauerter Schacht von 0,5 m lichter Weite und Höhe befindet, so kann man in diesen eine Jauche gießen und dann verfolgen, wie allmählich die Kohlensäurebildung zunimmt, einen Höhepunkt erreicht und wieder auf ihren früheren Wert zurücksinkt.

Auch Versuche an künstlichem Boden d. h. solchem, den man in ein Glasgefäß einfüllt wie das von uns früher benutzte (vgl. Fig. 3), sind von großem Nutzen. Man kann durch solchen Boden, indem man

das Glasrohr unter Einschaltung der Barytröhre mit dem Aspirator verbindet, Luft durchsaugen und die, freilich hier sehr geringe CO_2-bildung in ihm bestimmen. Gibt man reinen trocknen Sand in das Glasgefäß, dann findet keine CO_2-bildung statt. Benetzt man den Sand mit einer passenden Jauche, so bildet sich CO_2 und die Bildung geht, wenn man von Zeit zu Zeit das verdunstete Wasser ersetzt, lange Zeit fort, bis alle oxydable Substanz verschwunden ist.

NH_3 und SH_2 in der Grundluft.

35. Es versteht sich ganz von selbst, dass, da die Verunreinigungen, welche in den Boden hinein gelangen, sehr komplizirter Art sind, neben der Kohlensäure auch noch andere Stoffe auftreten können und unter diesen auch andere gasförmige Stoffe. Insbesondere ist es sehr wahrscheinlich, dass die stickstoffhaltigen Substanzen auch Ammoniakbildung veranlassen werden. Da gleichzeitig Kohlensäure vorhanden ist, so bilden sich Ammoniumkarbonate, welche aber bei der Berührung mit Luft zum Teil wieder zerfallen. Lässt man die Grundluft durch die Barytlösung hindurchstreichen, so wird die Kohlensäure auf die gewöhnliche Weise gebunden. Um das Ammoniak nachzuweisen, könnten wir die Grundluft durch eine verdünnte Schwefelsäurelösung hindurchleiten. Es bildet sich schwefelsaures Ammonium; dadurch wird die Säure teilweise neutralisirt. Man kann die Menge des aufgenommenen NH_3 durch Titrirung in ähnlicher Weise bestimmen, wie wir dies mit der CO_2 gethan haben. Auch auf andre Weise können wir zeigen, dass in der Grundluft Ammoniak vorhanden ist. Wenn man dieselbe durch Nessler's Reagens, d. i. eine Lösung von Quecksilberkaliumjodid in verdünnter Kalilauge leitet, so entsteht je nach der Menge des vorhandenen Ammoniaks (oder dessen Verbindungen) eine gelbe Färbung oder wenn mehr vorhanden ist, ein brauner Niederschlag. Der Gehalt der Grundluft an NH_3 schwankt; zuweilen sind es nur Spuren, aber man kann die Menge künstlich erhöhen, wenn man den Boden mit N-reichen Substanzen tränkt, z. B. wenn man in den früher erwähnten, zu Versuchszwecken angelegten Schacht 10–20 l Harn gießt. Dieser, wenn er in den Boden kommt, wird nach und nach zersetzt und ein Teil der Zersetzungsprodukte tritt als Ammoniumkarbonat auf. Bekanntlich wird Harnstoff in Ammoniumkarbonat umgesetzt, wenn der Harn unter der Einwirkung von Mikroorganismen (Torula, Mikrokokkus ureae) die sogenannte alkalische Gärung eingeht. Ob diese Spaltspitze auch hier einwirken, ist eine zweite Frage; es ist aber sehr wahrscheinlich, dass sie überall im Boden vorhanden sind. Diese Verwandlung ist aber nicht etwa die einzige, sondern

der Harn kann unter Umständen in andrer Weise oxydirt werden, so dass Salpetersäure entsteht. Das ist der Fall, wenn der Harn sehr verdünnt ist, oder wenn die spezifischen Harnstoff spaltenden Pilze fehlen. Aber auch diese Bildung ist, wie es scheint, an niedere Organismen geknüpft. Es ist nämlich von Schlösing gezeigt worden, dass wenn man Harn langsam durch eine hohe in eine Glasröhre gefüllte Sandschicht hindurchfiltriren läßt, die Harnstoffmenge abnimmt und eine äquivalente Menge von Salpetersäure auftritt. Hat man aber den Sand vorher ausgeglüht, so entsteht keine Salpetersäure, wahrscheinlich weil durch Ausglühen die Bakterien getötet wurden. Wir werden also annehmen können, dass überall, wenn im Boden stickstoffhaltige Substanzen sind, Gelegenheit zur Bildung von Stickstoffzersetzungsprodukten, Ammoniak oder Salpetersäure, gegeben ist und dass ersteres zum teil in die Grundluft übergeht.

Ebenso ist die Bildung von Schwefelwasserstoff nachweisbar, wenn die organischen Substanzen, die in den Boden gelangen, schwefelhaltig sind, z. B. die Fäkalstoffe. Wenn man die Grundluft, ehe sie durch die Baryumlösung geht, durch eine Glasröhre streichen lässt, in welcher sich ein mit essigsaurem Blei befeuchteter Fließpapierstreifen befindet, so wird dieser häufig braun gefärbt zum Beweis, dass Schwefelwasserstoff vorhanden ist. Will man denselben quantitativ bestimmen, so muss man ähnlich verfahren wie beim Ammoniak. Man muss die Luft durch ein Reagens leiten, durch welches der Schwefelwasserstoff gebunden wird und bestimmt werden kann, wozu sich eine Lösung von Jod in Jodkalium eignet. Häufig ist aber nur so wenig Schwefelwasserstoff vorhanden, dass man mit dem qualitativen Nachweis sich begnügen muss.

Auch diese Zersetzung ist wahrscheinlich auf den Einfluss von Mikroorganismen zurückzuführen u. z. der so verbreiteten und auch im Boden vorkommenden Fäulnisbakterien, deren es jedoch verschiedene, noch lange nicht genügend bekannte Arten gibt. Nach Koch sind die oberen Erdschichten reich an Mikroorganismen der verschiedensten Art. Aber schon in 1 m Tiefe werden sie sehr viel seltener. Ein abschließendes Urteil lässt sich noch nicht fällen. Denn es werden jedenfalls große Verschiedenheiten an verschiedenen Orten, zu verschiedenen Jahreszeiten und je nach den äußeren Umständen des Eindringens der Massen vorkommen.

Fünfte Vorlesung.

Weiteres über Boden. Die Bodentemperatur.

Mikroorganismen im Boden. — Bodentemperatur. — Einfluss der Sonnenstrahlung. — Untersuchung der Bodenwärme. — Verbindung mit der Grundluftuntersuchung. — Zusammenhang mit Krankheiten.

Mikroorganismen im Boden.

36. Die angeführten Beziehungen zwischen den chemischen Prozessen im Boden und dort lebenden Mikroorganismen und die Erkenntnis, dass solche Organismen bei vielen Krankheiten eine erhebliche Rolle spielen, endlich die schon erwähnte Thatsache, dass auch der Boden zu derartigen Krankheiten Beziehungen hat, macht es natürlich sehr wichtig, die im Boden vorhandenen Mikroorganismen kennen zu lernen und besonders festzustellen, ob sie mit der Grundluft aus dem Boden aufsteigen können. Derartige Versuche sind zuerst angestellt worden von dem Oberstabsarzt Port in München, einem Schüler Pettenkofer's. Man kann sich von der Anwesenheit der Mikroorganismen im Boden überzeugen, indem man die Grundluft durch eine zwischen der Bodenröhre und dem Aspirator eingeschaltete Flasche streichen lässt. Die eine Röhre dieser Flasche reicht fast bis auf den Boden derselben und ist unten etwas verengert. Die zweite Röhre geht nur bis unterhalb des Korkes. Auf den Boden der Flasche bringt man einen Objektträger, auf dem ein Tropfen Glyzerin sich befindet und stellt die Verbindungen so her, dass, wenn gesogen wird, die durch die Flasche streichende Grundluft am Glyzerintropfen vorbeistreichen muss. Wenn man dann das Objektgläschen herausnimmt und unter das Mikroskop bringt, so sieht man eine Menge kleiner Partikelchen, die von der Grundluft mitgerissen und am Glyzerintropfen hängen geblieben sind. Dies sind teils anorganische Substanzen, einige jedoch sind immer ihrem Aussehen nach als organische Wesen zu erkennen. Es fehlt jedoch noch an einer genauen Untersuchung über die Natur und die etwaigen spezifischen Eigenschaften dieser Organismen. Dieselbe würde nur dann einen Wert haben, wenn sie mit Berücksichtigung aller notwendigen Vorsichtsmaßregeln streng nach den neueren, besonders durch die Bemühungen von Robert Koch ausgebildeten Methoden der bakteriologischen Untersuchung vorgenommen würde. Nur wenig ist in dieser Richtung bis jetzt geschehen. So sollen z. B. in dem Fieberboden der römischen Campagna neuerdings

solche Organismen aufgefunden worden sein, welche auch im Stande wären, Malaria zu erzeugen.

Wir werden später auf diese Fragen zurückkommen. Hier will ich nur soviel bemerken: Wenn wirklich beim Ansaugen der Grundluft mittels des Aspirators Mikroorganismen mit herauf befördert werden, und wenn unter diesen auch echte Infektionsträger sind, so darf man doch daraus nicht unbedingt schließen, dass auf diesem Wege Krankheitskeime aus dem Boden aufsteigen und sich in der Luft verbreiten. Es besteht ja unzweifelhaft ein Gasaustausch zwischen Grundluft und Atmosphäre, nicht bloß auf dem Wege der Aërodiffusion, sondern auch durch Massenbewegung der Grundluft. Die wechselnde Temperatur des Bodens und der wechselnde Luftdruck; das Eindringen von Wasser in den Boden, welches selbstverständlich ein entsprechendes Volum Luft aus demselben verdrängt; endlich die ventilirende Wirkung des über den Boden hinstreichenden Windes: alle diese Einflüsse müssen dazu führen, dass Grundluft aus dem Boden aufsteigt. Ob diese Strömungen aber im Stande sind, feste Partikelchen, und wären dieselben auch so leicht als die in Rede stehenden Mikroorganismen, mit in die Höhe zu führen, bleibt so lange ungewiss, als wir über die Geschwindigkeit jener Luftbewegungen im Unklaren sind. Jedenfalls ist dieselbe, da die Widerstände in den engen Poren des Bodens außerordentlich groß sein müssen, sehr viel geringer als die durch unsre Aspirationsvorrichtungen in den Grundluftröhren erzeugte Geschwindigkeit. Ganz anders steht die Sache mit dem in den allerobersten Erdschichten vorkommenden Mikroorganismen, namentlich mit denen, welche aus eintrocknenden Pfützen in sehr großer Zahl zurückbleiben. Diese werden thatsächlich durch die Winde fortgetragen, kommen deshalb immer in der Luft vor, was wir bei der letzteren noch weiter besprechen werden. Von den im Boden d. h. nicht ganz oberflächlich vorkommenden Organismen, wissen wir aber durchaus nicht, ob und auf welchem Wege sie aus dem Boden heraus und eventuell in den Menschen kommen und dort Krankheit erzeugen können.

In Beziehung auf die Grundluftuntersuchungen ist außer den oben genannten nichts weiteres geschehen, weil die Arbeit zu mühsam ist im Verhältnis zu dem damit zu erzielenden Erfolg. Die wenigen interessanten Punkte, welche experimentell erforscht werden können, sind sehr bald erschöpft; aber etwas anderes ist es, wirklich solche Ergebnisse zu finden, die auf Vorkommen, Entstehen, Häufigkeit von

Krankheiten direkte Schlüsse gestatten. Was bis jetzt schon erreicht ist, davon wird noch die Rede sein.

Bodentemperatur.

37. Zu der weiteren Erforschung des Bodens gehört auch die Untersuchung der Temperaturverhältnisse desselben. Es ist unzweifelhaft, dass die Temperatur des Bodens Einfluss haben muss auf die chemischen Umsetzungen in demselben. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass bei höherer Temperatur alle die Prozesse, die im Boden vorgehen, lebhafter stattfinden als bei niederer Temperatur, und dies spricht sich ja auch darin aus, dass in der kalten Jahreszeit der Boden weniger Kohlensäure enthält als in der warmen. Manche infektiöse Krankheiten, z. B. die Cholera, verbreiten sich, wie allgemein bekannt, im Winter nicht so sehr, wie im Sommer. Es wurde deshalb die Frage, wie die Temperaturverhältnisse des Bodens sich gestalten, in den Bereich die hygienischen Untersuchung gezogen. Aus zahlreichen Messungen der verschiedenen Orte wissen wir, dass die Bodentemperatur durchaus nicht konform ist der Lufttemperatur; wir wissen, dass, je mehr wir uns dem Mittelpunkt der Erde nähern, die Temperatur steigt und zwar ziemlich regelmäßig. Man kann annehmen, dass eine Schicht des Erdbodens, welche eine gewisse Dicke hat, circa 20 m, noch unter dem Enfluss der abwechselnden Erwärmung und Wiederabkühlung steht, wie sie durch Bestrahlung von der Sonne resp. Wärmeausstrahlung zur Nachtzeit stattfindet. In der Tiefe machen sich diese Einflüsse nicht geltend, sondern nur die Eigenwärme der Erde. Dringen wir mit einem Bohrloch tiefer als 20 m in die Erde ein, so steigt die Wärme ziemlich regelmäßig bei 25—30 m um 1°. Die höchste bis jetzt in solchen Bohrlöchern beobachtete Temperatur wurde in dem artesischen Brunnen bei Sperenberg bei Berlin gefunden. Sie beträgt bei 1313 m Tiefe 48,1°. Anders gestalten sich die Verhältnisse in Bergwerken; hier nimmt die Temperatur mit der Tiefe auch zu, aber die Zunahme ist eine viel geringere, an verschiedenen Orten sehr verschiedene. Es scheinen hier örtliche Wärmequellen (z. B. chemische Umsetzungen in Kohlenflötzen) mitzuwirken. Beim Mont Cenis-Tunnel wurde als höchste Temperatur bei etwa 1600 m Bedeckung 30° beobachtet, ebenso im Gotthardtunnel. Doch sind hierbei die Verhältnisse ganz andre als bei Bohrlöchern. Bei letzteren nähern wir uns direkt dem Erdmittelpunkt; bei Bergtunneln messen wir aber die Dicke der Bedeckungsschicht, während wir immer in nahezu gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkt bleiben.

Abgesehen von der später zu besprechenden Frage, wie diese hohen unterirdischen Temperaturen auf Menschen, die dort arbeiten

müssen, einwirken, interessiren uns diese Verhältnisse höchstens insofern, als Wasser und andere Substanzen aus sehr tiefen Schichten ihren Weg nach aussen finden. Wir erkennen das daran, dass manche Quellen, welche aus grosser Tiefe kommen — Thermalwasser, Sprudel, Geysir — sehr hohe Temperaturen zeigen. Gewöhnliche Quellen, welche aus einer geringen Tiefe kommen, zeigen niedere Temperaturen und besonders interessant sind diejenigen, welche aus einer Tiefe von ca. 20 m kommen. Dieselben zeigen das ganze Jahr hindurch eine fast konstante Temperatur, und diese ist nahezu identisch mit der mittleren Jahrestemperatur des Ortes.

Einfluss der Sonnenstrahlung.

38. Wenn die Sonne ihre Strahlen auf die Erde sendet, so wird sie die Oberfläche der Erde erwärmen. Die atmosphärische Luft ist diatherman d. h. sie wird von den Sonnenstrahlen, welche sie durchdringen, unmittelbar nicht erwärmt. Dies lässt sich durch das Thermometer nachweisen; denn wenn man dasselbe vor den Sonnenstrahlen schützt, so zeigt es die Lufttemperatur an, welche z. B. an einem klaren, hellen Wintertage mehrere Grade unter 0 sein kann. Lässt man dann aber die Sonnenstrahlen auf das Thermometer wirken, so steigt es erheblich, namentlich, wenn man das Thermometergefäß vorher geschwärzt hat, wodurch es die Wärmestrahlen besser absorbirt. So wird also auch die Erdoberfläche unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen stärker erwärmt als die Luft. Sekundär erst wird letztere erwärmt durch Wärmeabgabe von der Erde. Die Wärme dringt aber auch durch Leitung in die Erde ein, und es ist klar, dass diese Wirkung um so langsamer sich fortpflanzt, je schlechter die Erdmasse leitet, was von ihrer Zusammensetzung, Dichtigkeit, ihrem Wassergehalt u. s. w. abhängt. Geht dann die Sonne unter, so strahlt die Oberfläche der Erde die Wärme wieder aus, und dann wird umgekehrt die Wärme wieder nachrücken von innen nach außen. Es werden also auch an Stellen in einiger Entfernung unter dem Boden Schwankungen der Temperatur stattfinden, welche aber nicht gleichmäßig verlaufen mit den Schwankungen der Lufttemperatur. Auch ist klar, dass sie immer geringer sein werden, je tiefer man eingeht und bei einer Tiefe von 20 m sind sie = 0; d. h. hier wird jahraus jahrein die gleiche Temperatur herrschen. Von da ab nach oben nehmen die Schwankungen zu. In den allerhöchsten Schichten machen sich noch die Tagesschwankungen bemerklich d. h. die Temperatur steigt am Tage und sinkt während der Nacht; in den mittleren Schichten werden diese unmerklich, während noch die Jahresschwankungen, wenngleich in geringerem Grade als in der Luft, nachweisbar bleiben. Auch fallen

die Maxima und Minima nicht mehr mit denen der Lufttemperatur zusammen, sondern sind um so mehr verspätet, je tiefer die Stelle liegt. Denn die von oben eindringende Wärme braucht natürlich längere Zeit, um in die Tiefe zu gelangen und um von dort wieder zu entweichen. So fand z. B. Quetelet in Brüssel in 7 m Tiefe das Maximum im Dezember und Januar, das Minimum im Juni. Der Grad der Schwankungen hängt sehr von der Bodenbeschaffenheit ab. So wird z. B. dunkle Erde, wie Humus, von der Sonne stark erwärmt, da sie die Sonnenstrahlen stärker absorbirt, während heller Sand dieselben stärker reflektirt und weniger erwärmt wird. Ebenso ist die Neigung des Bodens von Einfluss, da z. B. ein Südabhang von Sonnenstrahlen ganz anders erwärmt wird, als ein Nordabhang. Ferner verhält sich der Boden verschieden, je nachdem er kahl oder mit Pflanzen, oder endlich mit Gebäuden bedeckt ist.

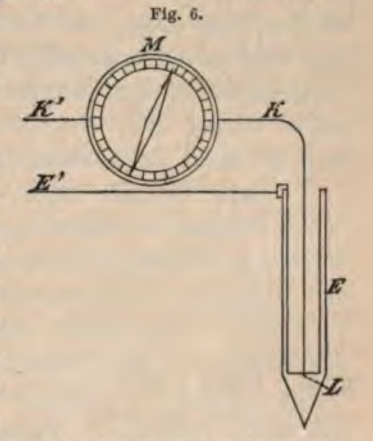
Untersuchung der Bodenwärme.

39. Für die hygienische Betrachtung kommen vorzugsweise mittlere Tiefen in Betracht, in denen die Tagesschwankungen der Temperatur nicht mehr vorhanden sind, wohl aber die Jahresschwankungen; freilich auch diese in geringerem Grade als in der Luft. In Berlin z. B. bewegen sich die Schwankungen der Lufttemperatur zwischen 0° und 20° (Monatsmittel), die der Bodentemperatur in 3 m Tiefe zwischen 7° und 14°. Es genügt deshalb für hygienische Zwecke, die Bodenwärme 2 mal im Monat in Tiefen von 1—4 m etwa zu messen. Man versenkt zu diesem Zwecke in das Bohrloch einen hölzernen Kasten von rechteckigem Querschnitt, an dessen einer Seitenwand in den Tiefen, in welchen man die Temperaturen bestimmen will, mit dünnem Kupferblech verschlossene Löcher angebracht sind. In die Höhlung des Kastens passen hölzerne Balken, in welche Thermometer so eingelassen sind, dass ihre Kugeln gerade den Kupferblechen entsprechen. Jeder dieser Balken ist mit einem Handgriff versehen, um ihn leicht wieder herausziehen zu können. Die Kugeln der Thermometer sind möglichst groß, in Folge dessen sie die Temperatur zwar langsam annehmen, aber auch lange behalten. Wenn ein solches Thermometer lange in dem Erdreich verweilt, so wird es die Umgebungstemperatur annehmen. Zieht man nun die Thermometer heraus, so kann man dieselben ablesen, da die trägen Thermometer während der kurzen Zeit, welche zur Ablesung erforderlich ist, ihren Stand nicht ändern. Dieses Verfahren, welches von Lamont in München herrührt, hat man auch für hygienische Verhältnisse nutzbar zu machen gesucht.

40. Es ist jedoch noch vorteilhafter, wenn man die Temperaturmessungen gleich an denselben Stellen macht, welche zur Untersuchung der Grundluft dienen. Man benutzt dazu die früher beschriebenen, in den Boden eingerammten eisernen Röhren. An den diese Röhren verschließenden Eisendorn lötet man einen Kupferdraht, welcher innerhalb der Röhre isolirt nach oben verläuft. So hat man innerhalb der Erde eine Lötstelle, wo Kupfer und Eisen zusammenstoßen. Durch Verbindung zweier solcher Lötstellen erhält man bekanntlich ein Thermoelement. Sobald die Temperaturen ungleich sind an beiden Lötstellen, entsteht ein Strom, der durch Einschaltung eines Multiplikators nachgewiesen bezw. gemessen werden kann. Die Stärke des Stroms ist der Differenz der Temperaturen proportional, und man kann daraus die Temperatur der einen Lötstelle finden, wenn man die der andern kennt. Um die Grundluft zu untersuchen, haben wir, wie Sie sich erinnern, die Röhren bis in das Laboratorium verlängert und so die Luft dahin geleitet. Wir leiten nun den isolirten Kupferdraht K' ebenfalls in das Laboratorium und verbinden ihn hier mit dem Multiplikator. Ein zweiter Kupferdraht geht vom Multiplikator aus zu dieser Eisenröhre E (Fig. 6), welche der im Boden steckenden ganz gleich ist, nur viel kürzer. Die beiden Eisenröhren sind ausserdem durch einen, natürlich auch isolirten Eisendraht E' mit einander verbunden. Sie sehen also, dass wir ein Thermo-Element konstruirt haben, dessen eine Lötstelle (Fig. 6 L) wir hier im Hörsaal haben, während die ganz gleich beschaffene Lötstelle L' im Erdboden liegt. Da diese beiden Lötstellen in der Regel ungleiche Temperatur haben, so wird die Multiplikatornadel abgelenkt. Tauchen wir nun unsre Lötstelle in ein Glas mit Wasser und ändern seine Temperatur durch Zugießen kalten oder warmen Wassers, so sehen wir die Ablenkung der Nadel kleiner oder größer werden. Wir ändern nun die Temperatur in unserm Glase so lange, bis kein Strom mehr vorhanden ist. Nun wissen wir, dass die Temperatur an beiden Lötstellen die gleiche ist. Wir brauchen also nur die Temperatur in unserm Glase mittels eines eingetauchten Thermometers abzulesen und wissen dann auch die Temperatur in der Erde.

Verbindung mit der Grundluftuntersuchung.

Fig. 6.



Zusammenhang mit Krankheiten.

41. Wenn solche Messungen regelmäßig und lange Zeit hindurch angestellt und gleichzeitig auch der Kohlensäuregehalt der Grundluft bestimmt wird, so könnten vielleicht interessante Beziehungen zwischen beiden aufgefunden werden. Vielleicht würden sich auch Schlüsse ziehen lassen aus der Vergleichung des Ganges der Bodenwärme und der Häufigkeit gewisser Erkrankungen. Leider fehlt es noch an der genügenden Zahl von solchen Beobachtungsreihen, um ein irgendwie begründetes Urteil abzugeben. Wenn wir z. B. sehen, dass die Maxima der Typhuserkrankungen mit den höchsten Bodentemperaturen (in den oberen Schichten) zusammenfallen, was z. B. aus den Berliner Beobachtungen hervorgeht, so dürfen wir daraus noch nicht auf einen Zusammenhang schließen. Erstens nämlich weichen die Temperaturmaxima in diesen geringen Tiefen (0,5 m) nur wenig in der Zeit von den Maximis der Lufttemperatur ab, und wir könnten also eben so gut auf einen Zusammenhang der letzteren mit der Zunahme der Erkrankungen schließen. Zweitens aber fallen die Maxima der Bodentemperatur zusammen mit den niedrigsten Grundwasserständen. Und dass zwischen diesen und der Zahl der Typhuserkrankungen ein Zusammenhang besteht, dafür gibt es triftige Gründe, von denen wir bei der Besprechung der Infektionskrankheiten noch handeln werden. Nur wenn bei unverändertem Grundwasserstand und bei unveränderter Lufttemperatur Schwankungen der Bodentemperatur Hand in Hand gehen würden mit Schwankungen der Typhuserkrankungen, könnte man auf einen Zusammenhang beider schließen.

Solche Beobachtungen gibt es aber nicht. Wie wir gesehen haben, hängen die Bodentemperaturen von der Insolation ab, und die Maxima und Minima derselben fallen nur etwas später als die Maxima und Minima der Lufttemperatur, um so mehr, je tiefer im Boden wir messen. Zwar haben einige Beobachter angenommen, dass auch unabhängig von der Insolation durch örtliche Wärmeproduktion im Boden in Folge der in ihm vorgehenden Oxydationen die Temperatur des Bodens gesteigert werden könne; ich glaube jedoch, dass nur ganz ausnahmsweise eine irgendwie erhebliche Erwärmung auf diesem Wege zu Stande kommen kann. Dagegen halte ich es für unzweifelhaft, dass umgekehrt in Folge höherer Temperatur des Bodens die in ihm verlaufenden Zersetzungsprozesse gesteigert werden müssen, falls die übrigen Bedingungen für dieselben günstig sind. Zu diesen gehören vor allen Dingen, soweit es sich um die Zersetzungen organischer Substanzen handelt (und nur von diesen wissen wir überhaupt etwas) erstens das Vorhandensein einer genügenden Menge

zersetzbarer Stoffe und zweitens ein gewisser Grad von Feuchtigkeit. Bei niederem Grundwasserstand fehlt es in den höheren Bodenschichten gerade an letzterer, und es kann daher sehr gut sein, dass hier trotz der hohen Temperatur die Zersetzungsvorgänge schwach sind. Anders in den tieferen Schichten, nahe dem Grundwasserspiegel, wo beim Fallen des Grundwassers der Boden feucht zurückbleibt. Auf diese tieferen Schichten wird deshalb auch bei ferneren Untersuchungen die Aufmerksamkeit vorzugsweise zu lenken sein.

Sechste Vorlesung.

Bodenverunreinigung durch Fäkalien.

Die Abfälle. — Wodurch sie schaden konnen. — Die Fäkalien und ihre Zersetzung. — Abtrittsgruben. — Entleerung der Gruben. — Bewegliche Fässer. — Pneumatische Abfuhr.

Die Abfälle. 42. Wir wenden uns jetzt zu der Frage, woher die Verunreinigungen des Bodens stammen, welche wir als die Ursache der in demselben vorgehenden chemischen Prozesse anzusehen haben. Unzweifelhaft trägt der Mensch selbst ungemein viel zu dieser Verunreinigung bei. Zwar kommen in jedem Boden, unabhängig vom Menschen, organische Substanzen vor. Es leben dort Tiere und Pflanzen bezw. Pflanzenteile, wie Wurzeln u. d. g. Diese sterben ab und ihre Leichen können in der Weise verändert werden, wie wir dies kennen gelernt haben. Aber die Gesamtmasse dieser organischen Substanz ist doch nur gering gegen das, was der Mensch hinzufügt. Und diese letzteren, vom Menschen herrührenden Verunreinigungen sind es auch, welche es erst zahlreichen Lebewesen ermöglichen, im Boden zu existiren, so dass also der ersterwähnte Teil der Bodenverunreinigung durch den zweiten, vom Menschen herrührenden, noch gesteigert wird.

Wir können alle die Stoffe, welche durch das Leben und Treiben der Menschen entstehen und welche ganz oder teilweise in den Boden hineingelangen können und thatsächlich auch zum großen Teil hineingelangen, unter dem Gesamtnamen der Abfälle zusammenfassen.

Soweit sie flüssig oder in Wasser aufgeschwemmt sind, dringen sie in den Boden ein. Was von ihnen auf der Oberfläche liegen bleibt, wird dann noch vom Regen ausgelaugt oder fortgeschwemmt und sickert nachträglich ein. Sie tragen hauptsächlich zur Verunreinigung des Untergrundes bei. Sie können bis ins Grundwasser gelangen, ja mit ihm in Brunnen geraten und das Wasser derselben verderben. Bei der Erkenntnis, dass in dem Boden Prozesse vorgehen, welche Einfluss auf die Gesundheit haben, müssen wir uns die Frage vorlegen, ob die achtlose Art, wie die Menschen vielfach mit ihren Abfällen umgehen, auch die richtige ist, oder ob wir Maßregeln ergreifen müssen, welche die Verunreinigung des Bodens einschränken. In der That hat die Unkenntnis von der hygienischen Bedeutung der Abfälle zu einer solchen Anhäufung geführt, dass wenn man den Boden stark bewohnter Städte aufgräbt, man einen künstlichen mit allerlei Schmutz imprägnirten Boden findet. Während in unsern Ebenen ausserhalb der bewohnten Städte der Boden aus der dünnen

Ackerkrume besteht und darunter meist aus vorhältnismäßig reinem Sand, findet man in den Städten den Boden zwischen den Häusern zuweilen ganz imprägnirt mit einer stinkenden Masse organischer Jauche. In einem solchen Boden müssen selbstverständlich die früher besprochenen chemischen Prozesse sehr lebhaft vor sich gehen.

43. Diese Prozesse, soweit wir sie bisher kennen gelernt haben, sind an und für sich nicht schädlich; im Gegenteil der Boden reinigt sich auf diese Weise von dem ihm mitgeteiltem Schmutz. Aber während Kohlensäure, Wasser und andre unschuldige Verbindungen als die Endglieder einer langen Reihe komplizirter Umsetzungen entstehen, kommen in dem Verlauf derselben noch andere Umstände in Betracht. Einmal entstehen aus den organischen Substanzen, auch wenn sie ursprünglich unlöslich waren, lösliche Stoffe, welche dann durch das eindringende Wasser fortgespült werden und auch in Brunnen geraten. Diese Produkte sind zum Teil ekelerregender Natur durch ihren schlechten Geruch und Geschmack, zum Teil sind sie geradezu giftig. Man hat neuerdings gefunden, dass bei Fäulnis von Eiweisskörpern giftige Stoffe, die Ptomaine, entstehen können. Bei der Hygiene der Nahrungsmittel werden wir hierauf zurückkommen. Es ist immerhin möglich, dass dieselben auch im Boden entstehen, und vielleicht liegt ein Körnchen Wahrheit in dem alten Glauben an Brunnenvergiftung, welche vom fanatischen Pöbel Hexen, Juden oder andern Leuten, welche man hasste oder fürchtete, in die Schuhe geschoben wurde.

Wodurch sie schaden können.

Aber das alles hat eine viel geringere Bedeutung, als dass solche organische in Zersetzung befindliche Substanzen einen ausgezeichneten Nährboden für Mikroorganismen abgeben, und da gewisse Infektionskrankheiten mit diesen in inniger Beziehung stehen, so kann es vorkommen, dass derartige Organismen aus einem kranken Individuum in den Boden gelangen, dort wuchern und sich vermehren und schließlich wieder heraus gelangen, um von neuem die Krankheit u. z. bei vielen Individuen zu erzeugen. Wenn diese Vorstellung richtig ist (und manche Anzeichen sprechen dafür, dass etwas derartiges bei den Infektionskrankheiten vorkommt), so folgt daraus, dass die unbeabsichtigte Verunreinigung des Bodens einer der schlimmsten Übelstände ist, und dass zu den wichtigsten hygienischen Maßnahmen diejenigen zu rechnen sind, welche darauf abzielen, dieselbe nach Möglichkeit zu verhüten.

Die Fäkalien und ihre Zersetzung.

44. Wir beginnen einen kurzen Überblick über den Verbleib der Abfälle mit den Fäkalien; nicht weil sie an Masse die Hauptsache, sondern weil sie in mancherlei Hinsicht die gefährlichsten sind und

weil sie am meisten sich lästig erweisen, indem sie schon aus dem Darm im Zustande halber Fäulnis herauskommen. Im Darm jedes gesunden Menschen, noch mehr bei gewissen Krankheiten, sind stets fäulniserregende Mikroorganismen vorhanden. Andrerseits gibt es im Darm auch fäulniswidrige Mittel wie die Galle, so dass also nach der Menge der Organismen, nach der Natur der Nahrung, der Menge von Galle und je nach der Zeit, welche die Stoffe im Darm verweilen, der Grad der Fäulnis ein sehr schwankender ist. Die Fäkalien sind nach der Natur der Speisen von sehr komplizirter Zusammensetzung. Sie bestehen aus halb verdauten Speiseresten, aus abgestossenen Epithelien, aus den Resten der Galle und anderer Verdauungssekrete und endlich aus den zufälligen Beimengungen. In der Regel findet man in ihnen eine geringe Menge von Stärkemehl, Milchsäure, Reste von Fett und Eiweisskörpern, von Gallenbestandteilen ausser den Farbstoffen das aus den Gallensäuren hervorgegangene Dyslysin, welches den Fäces die zähe Beschaffenheit gibt, und Taurin. Wenn Kot im Freien abgesetzt wird, so wird er bei trockenem Wetter eintrocknen, in Pulver zerfallen, und so lange er in diesem Zustande ist, bleibt er ziemlich unverändert. Aber bald wird Wasser hinzukommen, ihn in Brei verwandeln, wo dann die Zersetzungen vor sich gehen. Meist jedoch werden die Fäces zusammen mit dem Harn in Gruben aufgefangen. Harn, für sich allein, und noch mehr in Vermischung mit den Fäces geht leicht in die alkalische Gärung über unter dem Einfluss der Spaltpilze. Wenn ein solcher Harn eintrocknet, so können die zurückgebliebenen Pilze oder ihre Sporen, welche während der Gärung sich ungemein vermehrt haben, durch die Luft fortgetragen werden, in anderen Harn hineingeraten und dort neue Zersetzungen bewirken. Wie außerordentlich wirksam dies ist, kann man durch Versuch nachweisen: Bewahrt man Harn auf, bis er faulig ist, filtrirt ihn und trocknet das Filter, so genügt die geringste Menge dieses letzteren, um in frischem Harn sofort die alkalische Gärung hervorzurufen. Wenn nun der Harn zusammen mit den Fäces aufbewahrt wird, so sind in der Regel auch schon die Keime, welche zur Zersetzung des Harns Anlass geben, vorhanden; ausserdem aber bewirkt der Harn durch die Flüssigkeitsmenge, welche er zuführt, dass sich die Fäces ihrerseits leichter zersetzen. Die Zersetzung des Harns ist bekanntlich hauptsächlich durch die Verwandlung des Harnstoffs in Ammoniumkarbonat gekennzeichnet. In dem Gemenge von Harn und Fäces kommt noch hinzu die Zersetzung des schwefelhaltigen Taurins, welche Schwefelwasserstoff entwickelt. Schwefelwasser-

stoff ist schon in geringen Mengen giftig, und der aus Abtrittsgrubeninhalt sich entwickelnde Schwefelwasserstoff gibt nicht selten zu chronischen oder akuten Vergiftungen Anlass.

45. Die primitivste Art, die Exkremente aufzufangen, welche man auf dem Lande, aber auch in Städten noch allzuoft vorfindet, besteht einfach aus einer in der Erde angebrachten Grube. In einer solchen versitzen, wie der technische Ausdruck ist, die flüssigen Bestandteile, d. h. sie sickern in das poröse Erdreich ein und es bleiben nur die festen Massen zurück. Das ist für den gewöhnlichen Betrieb bequem, denn da etwa $^3|_4$ der Masse aus Flüssigkeit besteht, so kann man eine solche Grube Jahre lang gebrauchen, ehe sie voll wird. Sie verschlingt gleichsam die Stoffe, daher heißt sie Schlinggrube oder auch Versitzgrube. Aber um so mehr werden sich dabei alle die schon angedeuteten Übelstände der Bodenverunreinigung einstellen und natürlich in desto höherem Grade, je mehr Menschen auf einem beschränkten Raum gedrängt bei einander wohnen und in dieser Weise ihre Exkremente dem Boden zuführen. Auch ist es dabei gar nicht zu vermeiden, dass nach und nach Teile der in Zersetzung begriffenen Massen ihren Weg in die Brunnen finden und das Wasser verschlechtern. Um die Übelstände zu mildern, beginnt man gewöhnlich damit, die Gruben auszumauern. Eine solche Grube wird weniger Stoffe versitzen lassen, wird daher öfter entleert werden müssen, aber einen sicheren Schutz gegen alles Versitzen gewährt sie nicht, da das Mauerwerk auch porös ist. Besser schon ist es, statt gewöhnlichen Mauerwerks in Zement aufgeführtes herzustellen und die Grube innen mit Zement zu verputzen. Aber auch dieser bekommt Sprünge und Risse, und der Übelstand, dass eine solche Grube schnell voll wird und die Entleerung häufig erfolgen muss, macht sich natürlich noch mehr fühlbar. Da jedoch die Reinhaltung des Bodens wichtig genug ist, um selbst andre Unbequemlichkeiten aufzuwiegen, so darf, sofern man überhaupt genötigt ist, die Exkremente in Gruben aufzufangen, man nichts versäumen, um ihre Wandungen wirklich wasserdicht herzustellen und zu erhalten. Dies wird am sichersten dadurch erreicht, dass man zu dem Mauerwerk einen weiteren Schutz durch eine Thonschicht hinzufügt. Will man daher eine neue Grube bei einem Hause anlegen, so wird man zweckmäßig das Loch in die Erde viel größer machen, als die Grube werden soll. Man bringt dann auf dem Boden eine fest gestampfte dichte Lage von Thon an. Auf die Unterlage von Thon legt man eine Schicht von Ziegeln, auf diesen trägt man dann das Mauerwerk

Abtrittsgruben.

auf und den Hohlraum zwischen den Seitenwänden und dem Boden füllt man gleichfalls mit festgestampftem Thon aus. Die Feuchtigkeit, welche sich im Boden befindet, wird in der Regel ausreichen, um den Thon nass und undurchlässig zu erhalten. Ist aber der Erdboden trocken, so bekommt der Thon Risse und wird durchlässig. In diesem Fall muss man Sorge tragen, dass der Thon von Zeit zu Zeit gehörig durchfeuchtet wird.

Entleerung der Gruben.

46. Je dichter eine solche Grube ist, desto schneller füllt sie sich natürlich, und man muss für rechtzeitige Entleerung und Wegschaffung der Massen sorgen. Alle hierzu gebräuchlichen Maßnahmen fasst man gewöhnlich unter dem Namen der Abfuhr zusammen. Die dünnflüssigeren Teile des Grubeninhalts werden häufig mit Eimern ausgeschöpft, indem man dieselben an einem Strick hinunterläßt. Die festeren Massen müssen besonders ausgeräumt werden. Namentlich bei Versitzgruben ist dies oft nur unter Anwendung ziemlicher Kraft mit Hülfe des Spatens möglich. Denn die zu Boden gesunkenen Stoffe bekommen in diesen Gruben nach und nach die Konsistenz einer festen thonartigen Masse. Eine solche Ausräumung ist mit den Regeln der Ästhestik nicht eben gut vereinbar, denn sie belästigt nicht bloß die Arbeiter sondern auch die Bewohner des Hauses und die Nachbarschaft. Es werden auch die Massen auf dem weiteren Transport leicht überlaufen und üblen Geruch verbreiten, sowie die Straßen verunreinigen. So unvollkommen diese Art der Abfuhr ist, so ist sie doch noch sehr verbreitet.

Etwas rationeller wird die Sache, wenn man zur Entleerung der Gruben Pumpwerke benutzt. Senkt man einen Schlauch in die Grube, unten mit einem Sieb versehen, damit die festen Massen nicht das Pumpenventil verstopfen, so kann man die Jauche herausbefördern. Das Pumpwerk kann so eingerichtet sein, dass es die Massen einsaugt durch ein Ventil, welches sich nach innen öffnet, und dieselben beim Niedergang des Pumpenkolbens durch eine seitliche Röhre in ein Fass hineindrückt. Es ist am vorteilhaftesten, ein großes auf Räder gelegtes Fass zu nehmen, so dass man womöglich den ganzen Inhalt der Grube auf einmal entleeren und fortführen kann. Durch die heftige Bewegung beim Pumpen entwickeln sich viel übelriechende Gase. Um auch diese Belästigung zu beseitigen, hat man das Verfahren noch etwas verbessert dadurch, dass man das Fass bis auf zwei Öffnungen an passenden Stellen schließt: Die eine, welche seitwärts angebracht ist und den Schlauch luftdicht anzufügen gestattet, und eine zweite, welche an der höchsten Stelle angebracht ist. Die

aus letzterer abziehenden Gase werden durch einen zweiten Schlauch unter die Feuerung eines kleinen eisernen Ofens geführt, der auf demselben Wagen steht. Die Gase, welche entweichen, gelangen unter den Rost, streichen durch die glühenden Kohlen und verbrennen, wobei aus dem Schwefelwasserstoff schweflige Säure und Wasser entsteht. Auch dieses Verfahren kann noch verbessert werden, wenn man im Voraus auf irgend eine Weise das Fass luftleer pumpt, es dann an Ort und Stelle bringt und in Verbindung setzt mit einem Rohr, das bis auf den Boden der Grube geht. Öffnet man dann den Hahn, so wird der äußere Luftdruck die Massen der Grube in das Fass hineindrücken. Da das Fass vollkommen abgeschlossen ist, so ist man von aller Belästigung durch die Gase frei.

47. In anderer Weise hat man denselben Zweck zu erreichen gesucht, indem man die Massen, welche von den Menschen entleert werden, gar nicht in Abtrittgruben auffängt, sondern in beweglichen Fässern, *Fosses mobiles*. In der primitivsten Form besteht dies aus einem Fass, welches unter dem Abfallschacht steht und welches mit einer Öffnung oben versehen ist, die möglichst eng das Fallrohr umschließt. Der Abschluss kann auch durch einen geteilten Deckel, dessen beide Hälften so ausgeschnitten sind, dass sie das Fallrohr umschließen, noch etwas gesichert werden. Ist das Fass mit den Abfallsmassen gefüllt, so wird es beseitigt und ein zweites an seine Stelle gesetzt. Dass diese Einrichtung, welche als eine Lösung der schwierigen Frage der Beseitigung der Abfälle einstens sehr gepriesen wurde, sehr praktisch ist, kann man nicht behaupten: Wenn das Fass klein ist, muss man oft wechseln und wenn es zu groß ist, kann man schlecht damit hantiren. Etwas gemildert werden diese Unannehmlichkeiten, wenn man das Fass, dem man ein möglichst großes Volumen gibt, auf Räder legt und es so leichter beweglich macht. Es wird dann in einen abgeschlossenen Raum unter der Fallröhre geschoben; ist es voll, so zieht man es heraus und fährt es fort.

Bewegliche Fässer.

Eine Modifikation in der Einrichtung der beweglichen Fässer will ich hier nur kurz erwähnen. Dieselbe bezweckt eine Trennung der festen und flüssigen Bestandteile der Exkremente und ist daher mit dem Namen des Separationssystems belegt worden. Die Trennung kann entweder bewirkt werden durch siebförmige Scheidewände, welche die festen Stoffe zurückhalten, die flüssigen aber in einem tiefer stehenden Behälter abfließen lassen, oder durch besondre Einrichtungen der Abtritte, welche gleich bei der Entleerung Harn und Kot in gesonderte Abteilungen leiten. Da die Menge der festen

Stoffe gering ist, so können kleinere Behälter für verhältnismäßig lange Zeiten ausreichen, ehe die Notwendigkeit der Beseitigung eintritt. Und da Kot, wenn er schnell eintrocknet, sich nicht weiter zersetzt und auch nicht stinkt, Harn ohne Kot getrennt auch etwas langsamer faulen als in der Mischung, so ist mit solcher Trennung immerhin etwas gewonnen. Aber die Beseitigung des Harns wird auch bei dieser Einrichtung noch immer schwierig bleiben, und es wäre ein großer Irrtum, zu glauben, dass man denselben einfach fortschütten oder fortlaufen lassen dürfe, ohne dass er zu Schädlichkeiten Anlass geben könne. Dazu ist aber gerade da, wo die Beseitigung am schwierigsten ist, nämlich in größeren Städten, die Verführung bei dem Separationssystem eine sehr große; und selbst eine strenge Beaufsichtigung durch die Polizei wird sie nicht ganz verhindern können. Darum kann das Separationssystem unter Umständen für ein einzelnstehendes Haus auf dem Lande ganz vorteilhaft sein; eine größere Bedeutung aber können wir ihm nicht zuschreiben.

Dasselbe gilt auch von den verschiedenen Verfahren, welche abzielen, durch Vermischung und Bedeckung der entleerten Fäkalien mit austrockenden Stoffen (Erde, Torfmull, Gyps etc.) entweder mit oder ohne Separation die Aufbewahrung und Fortschaffung der Fäkalien zu erleichtern und zugleich unschädlich zu machen. Ich will Sie nicht mit der Beschreibung derartiger Einrichtungen unterhalten, welche kein allgemeineres Interesse haben. Die Aufgabe, auf deren Lösung es für die Hygiene allein ankommt, die fortwährende Verunreinigung des Bodens zu verhüten, kann auf diesen Wegen nicht zuverlässig gelöst werden.

Pneumatische Abfuhr.

48. Wenn mich nicht alles trügt, so gilt dies auch für eines der neuesten, von einem gewissen Kapitän Liernur vorgeschlagene System, welches man als pneumatische Abfuhr bezeichnen kann. Liernur lässt für mehrere Häuser gemeinschaftlich aus Eisenplatten genietete, luftdicht schließende Kästen in die Erde eingraben, welche mit den einzelnen Häusern durch Röhren in Verbindung stehen und mit Maschinenkraft luftleer gepumpt werden können. Die Verbindungsröhren sind durch Hähne abgeschlossen, und wenn die einzelnen Behälter luftleer gemacht worden sind, so werden die Hähne geöffnet und die Massen in die Kästen angesogen. Der Inhalt mehrerer solcher Behälter kann wieder auf dieselbe Weise in grössere Behälter befördert werden, und aus diesen werden die Massen zuletzt fortgeschafft, um als Dünger Verwendung zu finden. Soviel ich weiß, ist nur in wenigen Städten, unter anderen z. B. in Amsterdam die Einführung

dieses Verfahrens für einen Teil der Stadt wirklich zur Ausführung gekommen, aber nicht, wie beabsichtigt war, auf die ganze Stadt ausgedehnt worden. Wenn dasselbe auch vor anderen Arten der Abfuhr manche Vorzüge hat, so teilt es doch auch wieder deren Mängel: Diese liegen 1) in der Schwierigkeit, die abgeführten Massen nutzbar zu machen, und 2) in der vollständigen Vernachlässigung der anderen Abfälle außer den Fäkalien.

Siebente Vorlesung.

Das Schwemmsystem und die Kanalisirung.

Düngerwert der Faekalien. — Notwendigkeit der Beseitigung aller Abfälle. — Schwemmkanäle. — Beschaffenheit der Kanäle. — Gefälle und Trockenlegung des Bodens. — Querschnitt der Kanäle. — Notauslässe. — Schlammfänge und Wasserverschlüsse. — Kanalspülung. — Verbleib der Kanalwässer.

Düngerwert der Fäkalien.

49. Dass die Fäkalien, mögen sie auf die eine oder andre Art beseitigt werden, auf das Land gefahren werden, um als Dünger zu dienen, ist bekannt. Der Wert des Düngers ist groß, da er allen Stickstoff und die Salze, die mit der Nahrung in den Körper eingeführt werden, dem Boden wieder bringt. Würden die Salze, welche die Pflanze zu ihrem Wachstum braucht und fortwährend dem Boden entzieht, diesem nicht wieder ersetzt, so würde er mit der Zeit unfruchtbar werden. Auch den Stickstoff, welcher namentlich zur Bildung der so wichtigen Eiweißstoffe dient, kann die Pflanze nur aus dem Boden, nicht aus der Luft, beziehen. Aus der Pflanze wandern die Salze und der Stickstoff in den Tierkörper und erscheinen dann wieder in den Exkrementen.

Diese Salze und den ganzen Stickstoff bekommt man hauptsächlich im Harn, zum Teil auch in den Faeces. Der wertvollste Bestandteil des Harns, der Harnstoff, geht jedoch bei der Aufbewahrung zum Teil verloren, da er als flüchtiges Ammoniumkarbonat entweicht. Es ist aber von großer Wichtigkeit, die Düngerstoffe möglichst zusammenzuhalten, um den Boden auf die Dauer in den Stand zu setzen, die für die zunehmende Bevölkerung erforderliche Menge von Pflanzen zu ernähren. Reichen die Abfuhrstoffe nicht aus, so sieht man sich genötigt, sie zu ersetzen durch Düngmittel in Gestalt von Salzen, welche bergmännisch gewonnen werden, oder durch künstlich hergestellte Salze oder in Gestalt des Guano, d. i. Vogel- oder Fischdünger, der an zugänglichen Plätzen abgelagert worden ist.

Am leichtesten geschieht die nutzbare Verwendung der Fäkalien auf dem Lande, wo der Bauer seine Abfälle selbst wieder als Dünger benützen kann. Aber da ein Teil der daraus geernteten Pflanzen nach der Stadt wandert, so entsteht ein Ausfall, der wieder gedeckt werden muss. Je größer die Stadt, desto schwieriger wird es nun

die in den einzelnen Häusern der Stadt angesammelten Massen an die Stelle des Verbrauchs zu führen. Man muss dabei die Unannehmlichkeiten der Gruben-Entleerung, des Transports etc. mit in den Kauf nehmen und offenbar werden durch die Umstände des Auffangens, des Auspumpens, des Transports die Stoffe sehr verteuert, so dass trotzdem der Bauer des Düngers sehr dringlich bedarf, die Frage entsteht, ob die Kosten dieses Verfahrens noch durch die Nutzbarmachung gedeckt werden. So ist es dahin gekommen, dass früher der Bauer im Stande war, für die Erlaubnis zur Abholung dieser Massen etwas zu zahlen, während jetzt für die Fortschaffung noch darauf bezahlt werden muss. Nun ist zwar die Rücksicht auf die Nutzbarmachung der Fäkalstoffe auch hygienisch von großem Gewicht. Doch kann sie für uns nicht allein maßgebend sein. Wichtiger ist die Frage, ob durch die Aufbewahrung der Exkremente in der Nähe der Wohnungen hygienische Schäden erwachsen. Und da dies unzweifelhaft der Fall ist, so rechtfertigt es den Wunsch, die Stoffe so schnell als möglich fortzuschaffen auf eine Weise, welche weder durch Verschlechterung der Luft noch durch Verunreinigung des Bodens hygienische Schäden zu bewirken im Stande ist.

50. So zahlreich auch die Versuche gewesen sind, die Aufbewahrung und Abfuhr der Fäkalien aus größeren Städten so zu gestalten, dass sie allen Anforderungen genügen, so sind sie doch alle fehlgeschlagen. Die Erfinder der neuen, unfehlbaren Methoden sind verschollen, die zur Ausbeutung ihrer Erfindungen gegründeten Gesellschaften haben ihre Gelder eingebüßt, und wenn auch immer wieder neue Apostel der Abfuhr auftreten, sie predigen tauben Ohren.

Notwendigkeit der Beseitigung aller Abfälle.

Was aber gegen alle derartigen Systeme der Abfuhr einzuwenden ist, ist folgendes: So hygienisch wichtig die Behandlung der Fäkalien ist, so untergeordnet ist doch ihre Rolle im Vergleich zur ganzen Summe der Abfälle. Die Abfälle, welche aus den Häusern kommen, die Küchen- und Waschwässer, alle diese sind so gut wie die Fäkalien mit organischen Massen verunreinigt und müssen auch beseitigt werden. Dazu kommen noch die massenhaften Abfälle aus Fabriken und Gewerbebetrieben und die Straßenabfälle. Nur eine rationelle Beseitigung *aller* dieser Massen schützt den Boden wirklich vor der gefürchteten Verunreinigung. Gäbe es selbst ein allen billigen Anforderungen entsprechendes Abfuhrsystem für Fäkalien, was meines Erachtens bis jetzt nicht der Fall ist, so würde dies doch nichts nützen, so lange die Abwässer aus Häusern und Fabriken und die Straßenwässer in offenen Rinnsteinen oder undichten Kanälen sich

bewegen, aus denen sie zum großen Teil in den Boden eindringen, zum andern in einen Fluss, Graben oder Teich gelangen, deren Wasser sie verpesten; Zustände, wie man sie noch vor nicht gar zu langer Zeit selbst in großen Städten fand und zum Teil noch jetzt vorfindet. Wenn diese Massen in den Rinnsteinen sich bewegen, so stagniren die darin aufgeschwemmten Stoffe, und das schmutzbeladene Wasser sickert in den Boden und verunreinigt diesen. Wenn ferner diese Massen in die vorbeifließenden Bäche oder in Teiche gelangen, so werden die Wässer derselben mit immer größeren Schmutzmengen überladen, und wenn auch die meisten dieser Stoffe sich zu Boden senken, so bleiben doch viele aufgeschwemmt und auch die zu Boden gesunkenen setzen nur zu leicht ihre faulige Zersetzung fort. Man sieht dann die gasigen Produkte dieser Zersetzung in Form von Blasen an die Oberfläche steigen, das Wasser wird verdorben, so dass Fische darin nicht leben können, das Wasser haucht mephitische Dünste aus, kurz es entstehen hygienische Schäden der mannigfachsten Art. Alle Abfälle ohne Ausnahme zu beseitigen u. z. so schnell als möglich und so, dass der Boden vor Verunreinigung geschützt wird, ist also eine der obersten hygienischen Forderungen.

Schwemmkanäle.

51. Durch fortschreitende Verbesserungen sind die Ingenieure endlich zu einem System der Entwässerung von Städten gelangt, welches unter dem Namen der Kanalisirung bekannt geworden ist. Genauer bezeichnet man es noch als Schwemmkanalsystem, indem das Eigenartige und für die Hygiene wichtigste Merkmal der Einrichtung darin besteht, dass alle Abfälle in kürzester Frist aus dem Bereich der bewohnten Stadt fortgeschwemmt werden mit Hilfe genügenden, in den Kanälen fließenden Wassers, und dass die Kanäle so konstruirt sind, dass weder ein Eindringen schädlicher Stoffe in den Boden noch ein Austreten schädlicher Gase in die Luft der Straßen oder der Wohnhäuser möglich ist. Wo ein solches Kanalsystem vorhanden ist, da kann man unbedenklich alle Abfallstoffe (mit Ausnahme von Asche, Kehricht, Bauschutt, welche schwer fortzuschwemmen, aber leicht und ohne Schaden abzufahren sind) in die Kanäle einleiten, also auch die Fäkalien. Denn erstlich sind diese, wie wir schon gesehen haben, an Masse gering gegen die Gesamtmasse der Abfallstoffe, ihre Einleitung ändert also wenig an der Zusammensetzung der Kanalwässer. Zweitens aber kann man ihr Hineingelangen in die Kanäle doch nicht verhüten, wenn man es auch verbietet, weshalb es rationeller ist, bei der Anlage der Känale gleich auf die Abführung

der Fäkalien mitbedacht zu sein und so mit einem Schlage die Mängel der Abfuhr derselben zu beseitigen.

Die verschiedenen Arten von Abfällen sind in Bezug auf ihr Auftreten sehr verschieden. Die meisten kommen mehr oder weniger stoßweise, in gewisser Zeit mehr als in anderer, aus Fabriken, Küchen, Badezimmern, Waschhäusern u. s. w. in die Kanäle. Je größer freilich die Stadt und je mannigfaltiger die Lebensbedingungen ihrer Bewohner sind, desto mehr wird sich das ausgleichen. Der größte Wechsel in den abzuführenden Mengen betrifft das Straßenwasser, welches hauptsächlich von dem fallenden Regen beeinflusst wird. Ist eine Wasserleitung vorhanden, welche das Wasser bis in die obersten Stockwerke leitet, so wird das Wasser reichlich verbraucht und es ergiebt sich, dass eine gewisse Menge von Wasser immer den Kanälen zufließt, so dass es selbst zu den Zeiten spärlicheren Zuflusses immer noch ausreicht, eine stetige Strömung in den Kanälen zu unterhalten. Anderenfalls muss man durch Spülung, d. h. durch absichtliches Einleiten von Wasser in die Kanäle nachhelfen.

52. Wenn wir uns nun einen solchen Kanal vorstellen, in dem Wasser mit teils gelösten teils aufgeschwemmten Substanzen strömt, so wissen wir, dass bei großer Stromgeschwindigkeit selbst schwere Substanzen mitgerissen werden, dass dagegen bei langsamer Strömung die schwereren Massen sich absetzen, während die leichteren noch mitgetrieben werden; bei noch mehr verminderter Strömung werden letztere auch noch liegen bleiben. Es werden dadurch am Boden der Kanäle unebene Ablagerungen enstehen, die, wenn wenig Wasser zuströmt, durchfeuchtet sind und eventuell auch faulen können. Es muss daher, damit dies nicht geschieht, gesorgt werden, dass diese Massen fortgeschoben werden und, ehe sie faulen, außer Bereich der Stadt kommen. Nun hat man die Kanäle in älteren Zeiten aus Steinen gebaut, was jedoch den Nachteil hat, dass einmal die Innenfläche rauh ist und dadurch das Anhaften der mitgeschwemmten Massen befördert wird, sodann auch, dass sie wasserdurchlässig sind und die Stoffe in das umgebende Erdreich gelangen können. In neuerer Zeit benutzt man für die großen Sammelkanäle entweder noch jetzt Mauerwerk, das aber mit ganz besonderer Sorgfalt in guten festen Backsteinen mit guter Zementirung hergestellt und innen und außen gut mit Zement verputzt ist. Oder man baut wohl auch diese größeren Kanäle ganz aus Zement, indem man die Wandungen des Kanals aus einzelnen Zementplatten zusammensetzt. Für die kleineren Kanäle benutzt man am zweckmäßigsten Röhren von Steingut, einem hart gebrannten

Beschaffenheit der Kanäle.

Thon, innen und außen glasirt, welche den großen Vorteil bieten, dass sie leicht zusammenzufügen, wasserdicht und leicht beschaffbar sind und dass sie durch ihre glatte Innenfläche dem Strome möglichst wenig Widerstand entgegensetzen. Sie werden in der Weise zusammengefügt, dass jede Röhre mit ihrem einen Ende in die muffenartige Erweiterung der anderen passt und dort durch Zement gut gedichtet wird.

Gefälle und Trockenlegung des Bodens.

53. Für die sichere Fortschiebung aller Abfälle ist ferner ein genügendes Gefälle der Kanäle notwendig. Dieses Gefälle wird berechnet werden können je nach der Natur der darin sich bewegenden Substanzen. Je dickere Massen hineinkommen, um so stärker muss das Gefälle sein, um immer eine genügende Stromgeschwindigkeit zu erzielen. Nach der Berechnung des Minimalgefälles wird der Plan der Anlage gemacht. Dies wird häufig Schwierigkeiten erzeugen, denn nur selten wird ein Ort so am Abhang eines Berges liegen, dass man ein genügendes natürliches Gefälle hat, sondern man wird, wenn der Boden im großen und ganzen eben verläuft, das Gefälle nicht anders herstellen können, als dass man die Röhren allmählich tiefer legt. Da ein socher Kanal stets seitwärts die Zuflüsse von den Häusern bekommt und da mehrere Kanäle zusammenstoßen, wo die Strassen sich kreuzen, so würde man oft sehr tief in den Boden eindringen und schließlich die Röhren ins Grundwasser legen müssen. Es hat sich aber hieraus sogar ein Vorteil ergeben, welcher die Kanalisirung hygienisch nur noch nützlicher macht. Da die Kanäle vollkommen wasserdicht sind, so können keinesfalls aus ihnen schädliche Stoffe ins Grundwasser gelangen. Bei der Anlage der Kanäle kann man aber das ausgehobene Erdreich, auch wenn man es in die Baugrube einstampft, niemals wieder so dicht machen, als es ursprünglich im Boden war. Alle Kanalröhren sind also von einem Mantel lockereren Erdreichs umhüllt, und in diesem strömt um den Kanal herum das eindringende Sickerwasser abwärts nach dem Grundwasser hin. Dadurch werden die höheren Erdschichten viel schneller trocken, was hygienisch von großem Nutzen ist. Eines der schlagendsten Beispiele davon ist in Danzig beobachtet worden. Diese Stadt war die erste in Deutschland, welche eine nach neueren Prinzipien eingerichtete Kanalisirung anlegte, und sie hat daher andern Städten als Muster gedient. Sie liegt in einer hygienisch sehr ungünstigen Lage in dem Delta der Weichsel, wenig über der Meereshöhe und war eine der ungesundesten Städte, ist aber seit der Kanalisirung eine der gesundesten geworden. Unter den Stadtteilen befand sich einer, welcher von der ärmsten Bevölkerung bewohnt war, mit sumpfigem nassem Boden, wo man in ganz geringer

Tiefe auf Grundwasser stieß. Als einige Jahre später dort wieder aufgegraben wurde, war man erstaunt zu finden, dass der Boden nun ganz trocken war. Man überzeugte sich, dass der Grundwasserstand jetzt um vieles tiefer lag, und das konnte nur eine Folge der Kanalisation sein.

Durch solche Erfahrungen aufmerksam gemacht, sucht man jetzt bei der Anlage der Kanäle die Austrocknung des Bodens absichtlich zu befördern. Zu diesem Zweck gibt man den größeren Kanälen, welche aus gleich zu erörternden Gründen einen eiförmigen, mit dem spitzen Pol nach unten gerichteten Querschnitt erhalten, eine breite Basis (vgl. Fig. 7), zwischen welcher und dem eigentlichen Kanal ein Hohlraum, gleichsam ein zweiter Kanal, übrig bleibt. Dieser kommunizirt durch seitliche, zwischen den Stützpfeilern *s s* ausgesparte Löcher mit dem umgebenden Erdreich. Wegen der geneigten Lage strömt in ihm das Sickerwasser ebenso nach abwärts, wie in dem eigentlichen Kanal das Kanalwasser. Kommt aber der Kanal in das Grundwasser selbst zu liegen, so strömt auch dieses ab und wird am Ende des Kanalsystems mit dem Inhalt der Kanäle selbst entfernt. Und hieraus ergibt sich dann eine dauernde Tieferlegung des Grundwassers, welche wiederum hygienisch sehr nützlich ist.

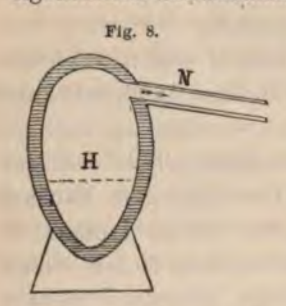
Fig. 7.

54. Die ebenerwähnte Querschnittsform der großen Kanäle hat sich sehr nützlich erwiesen, um bei starker wie schwacher Füllung derselben immer eine genügende Strömungsgeschwindigkeit zu erzielen. Wenn man, wie in Paris bei den von Hausmann angelegten Kanälen den Querschnitt viereckig macht, so wird bei großer Füllung in der Regenzeit das Wasser mit großer Geschwindigkeit fließen; wenn aber trockene Zeit eintritt, so wird die Strömung langsamer werden in dem Maße, als die Wassermenge abnimmt, und die Gelegenheit zum Absetzen von aufgeschwemmten Massen wird um so größer sein. Wenn aber der Kanal oval sich nach unten verjüngt, dann hat das den Vorteil, dass bei reichlicher Wassermenge die Geschwindigkeit ebenfalls groß ist, bei wenig Wasser aber dasselbe auf einen engen Querschnitt zusammengedrängt und daher die Geschwindigkeit doch eine relativ große sein wird. Querschnitt der Kanäle.

55. Damit ein solches Kanalsystem für alle Fälle ausreiche, insbesondre auch damit bei lange anhaltendem Regen alles Wasser ungehindert abfließen könne, muss es natürlich weit genug angelegt werden. Sind die Kanäle zu eng, so würde das zu großen Schädlich- Notauslässe.

keiten führen: das Wasser würde nicht abfließen können, es würde auf den Strassen stehen bleiben und sogar rückwärts in die Häuser stauen können. Nun ist die Berechnung, wie groß die Kanäle sein müssen, eine schwierige. Man kann zwar so ziemlich genau berechnen, wie viel Wasser durchschnittlich aus den Häusern abfließt, ebenso wie viel Regen durchschnittlich fällt, aber wie viel plötzlich auf einmal kommt, ist nicht zu ermitteln. Obwohl solche Ereignisse wie Wolkenbrüche etc. selten sind, müsste man doch die Kanäle so weit machen, dass sie auch für außergewöhnliche Fälle ausreichen. Das würde nicht nur die Anlagekosten sehr steigern, sondern auch durch Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit schädlich wirken. Die älteren, fast überall in Städten vorhandenen Kanäle sind meist so angelegt, dass sie direkt in einen vorbeifließenden Fluss gehen. Die neuen Kanäle dagegen sollen die Flüssigkeit nicht in den Fluss führen, sondern aus der Stadt hinausschaffen. Es wird daher bei der Kanalisirungsanlage nicht selten vorkommen, dass die neuen Kanäle die alten kreuzen. Wenn dies der Fall ist, kann man die alten Kanäle als sogenannte Notauslässe benützen; andernfalls muss man besondre Notauslässe anlegen. Ein solcher Notauslass ist also ein Kanal, welcher von dem eigentlichen Schwemmkanal seitlich abgeht und auf dem kürzesten Wege nach dem Fluss hinzieht. Die Verbindung zwischen den beiden Kanälen wird so hoch gelegt, dass sie über dem Niveau des gewöhnlichen Wasserstandes in dem Hauptkanal (H, Fig. 8) liegt. Wenn nun ein Wolkenbruch kommt, so wird zuerst der Kanal von allen Seiten her Zuflüsse unreinen Wassers erhalten, welche aber vorläufig noch unter dem Niveau des Notauslasses abfließen. Kommt dann noch mehr Wasser hinzu, so wird dies hauptsächlich aus reinem Regenwasser bestehen, und wenn dies so massenhaft ist, dass es durch den eigentlichen Kanal nicht mehr abfliessen kann, so wird es über das Niveau des Notauslasses N steigen und durch diesen auf dem kürzesten Wege in den Fluss geführt werden, wo es, weil großenteils reines Wasser, unschädlich ist.

Fig. 8.



Schlammfänge und Wasserverschlüsse. **56.** Die Einleitung des Hauswassers in die Kanäle geschieht durch Röhren, welche seitlich in die Straßenkanäle einmünden. Zu diesen Verbindungen sowie zur Verbindung zusammenstoßender Strassenkanäle dienen Rohrstücke mit seitlichen Stutzen (Fig. 9), sogenannte T Rohre. In ähnlicher Weise werden die Straßenwässer in die Kanäle geleitet,

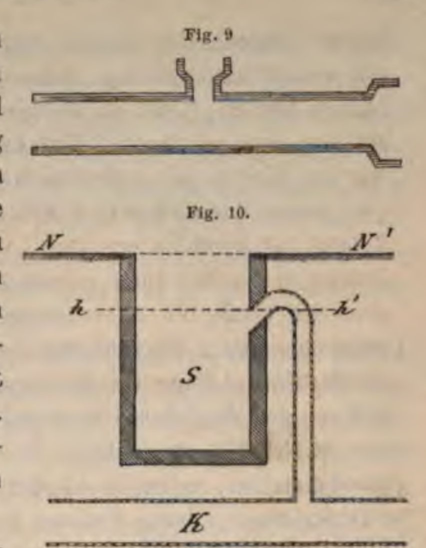


Fig. 9
Fig. 10.

indem man senkrechte Schachte in passenden Entfernungen anlegt. An jedem solchen Straßenschacht wird ein sogenannter Schlammfang (S in Fig. 10) angebracht, in welchem sich Sand u. s. w. absetzt, um die Kanäle nicht unnütz mit diesen zu belasten. In den Schlammfang kann man einen eisernen, mit einem Handgriff versehenen Kasten einsetzen, denn man von Zeit zu Zeit heraushebt, um ihn zu reinigen. Der Schacht ist oben im Straßenniveau N N' mit einem eisernen Gitter abgedeckt.

Die Verbindung des Schlammfangs mit dem Kanal ist, wie man in Fig. 10 sieht, durch eine bogenförmig nach oben gekrümmte Röhre bewirkt. Dies hat zur Folge, dass in dem Schlammfang das Wasser nicht unter das Niveau h h' sinken kann, und dass dieses Wasser die Mündung des Kanals von der Straße absperrt. Hierdurch wird erreicht, dass selbst wenn in den Kanälen sich übelriechende oder gar gesundheitsschädliche Gase ansammeln sollten, dieselben nicht nach der Straße entweichen können.

Ein ebensolcher Schlammfang soll in jedem Hauskanal, ehe derselbe in den Straßenkanal einmündet, eingeschaltet sein, damit die Kanalgase nicht in die Häuser eindringen. Außerdem aber muss jeder einzelne Wasserabfluss im Hause an Waschvorrichtungen, Küchenspülsteinen, Klosets u. s. w. noch mit einem besonderen Wasserverschluss versehen sein. Eine Form eines solchen Wasserverschlusses, die man an Küchenspülsteinen haufig findet, zeigt Fig. 11. Das Rohr, welches das Wasser abführt, ragt in die Vertiefung etwas hinein und ist mit einem Deckel D überdeckt, der seitlich durchlöchert ist. Durch diese Löcher kann das Wasser abfließen, aber immer nur bis zum Niveau des oberen Rohrendes h h', so dass die Löcher von D stets verschlossen bleiben. Man kann den Deckel abheben, um die ringförmige, das Rohr umgebende Rinne zu reinigen. —

Fig. 11.

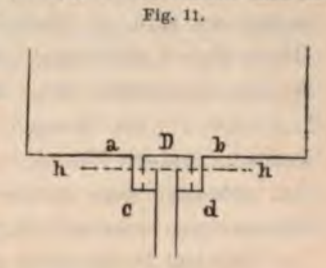
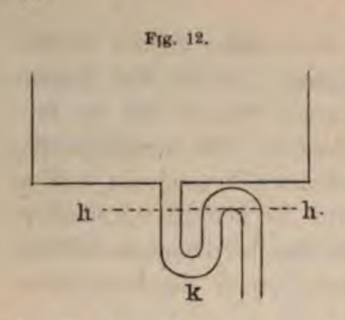


Fig. 12.



Eine andre auch sehr verbreitete Form, den sogenannten Siphon (Heber), zeigt Fig. 12. H er bleibt das Wasser in dem abwärts gekrümmten Teile des Abflussrohres bei k stets bis zu dem Niveau h h' stehen.

Die von den Dächern das Regenwasser abführenden Fallröhren werden ohne Wasserverschluss in die Straßenkanäle eingeführt. Dies soll den Zweck haben, die Kanäle zu ventiliren und die Entweichung der Kanalgase in die oberen Luftschichten, wo sie durch den Wind fortgeführt und sehr verdünnt werden, zu befördern. Sind die Kanäle mangelhaft, so dass in ihnen wirklich schädliche Gase entstehen, so ist es möglich, dass diese durch die Regenröhren in Dachzimmer, deren Fenster in der Nähe der oberen Öffnungen der Regenröhren liegen, eindringen und dort Schaden anrichten.

Kanalspülung.

57. Jedenfalls muss man dafür sorgen, dass die in die Kanäle gelangenden Massen so schnell als möglich, ehe sie noch in Zersetzung übergehen können, aus dem Bereich der Stadt fortgeschwemmt werden. Je reichlicher das Wasser aus den Häusern zufließt, desto besser geschieht dies. Man thut gut, von Zeit zu Zeit, besonders häufig im Sommer und bei regenloser Witterung, die Kanäle tüchtig auszuspülen. Die Einrichtung wird so getroffen, dass man die Kanäle an einzelnen Stellen absperren kann. Zunächst füllt man den ganzen oberhalb der ersten Schleuse gelegenen Teil des Kanals; dann zieht man die erste Schleuse auf, dann die zweite u. s. f. bis ans Ende.

Die Menge von Wasser, welche sich am Ende eines solchen Kanalsystems sammelt, wird um so größer sein, je größer die Einwohnerzahl. Ist die Stadt nicht zu groß, so wird nur ein Haupt-Kanal angelegt, in welchem die kleineren Kanäle mit den Hauswassern u. s. w. einmünden. In größeren Städten ist die Anlage komplizirter. In Berlin hat man eine Reihe von Hauptkanälen angelegt, in welche die sekundären Kanäle münden. Dadurch zerfällt die Stadt in einzelne selbständige Abteilungen, deren jede durch einen eigenen Hauptkanal die Massen abführt. Man hat diese Einrichtung mit dem Namen des Radialsystems belegt. Dies hat viele Vorteile: Man kann die einzelnen Systeme für sich bauen, und wenn die Stadt sich ausdehnt, neue anfügen; man kommt nicht gar zu tief ins Erdreich und die Abfallsmassen werden nicht an einem Punkt vereinigt.

Die Kanäle kommen an verschiedenen Stellen, zum Teil schon

mitten in der Stadt in eine Tiefe, wo sie nicht tiefer geführt werden können. Dort sind Pumpstationen angelegt, welche die Wasser heben und durch Druck in starken eisernen Röhren bis an ihre schließlichen Bestimmungsorte weiter befördern. Die beigemischten gröberen Massen, Papier, Lumpen und andere feste Bestandteile, werden schon an den Pumpstationen durch eiserne Rechen zurückgehalten. Die übrigen Massen stellen einen Brei dar, der bei längerem Liegenbleiben sehr bald faulen würde, der aber, wo er die Rohrleitung verlässt, noch nicht stark zersetzt ist.

58. Es fragt sich nun, was soll man damit machen? Je größer die Stadt, desto größer sind im allgemeinen die Massen; ihre Menge schwankte innerhalb gewisser Grenzen je nach dem Wasserverbrauch der Bewohner. Einen großen Unterschied macht es ferner, ob Gewerbebetriebe vorhanden sind, welche große Abfallmassen liefern. Nun gibt es Städte, in denen seit Alters her die Massen in den Fluss geleitet werden z. B. in Hamburg und Altona. Dort sind aber die Abfallsmassen im Verhältnis zu den riesigen Wassersmassen eines Stromes wie die Elbe gering. Es kommt eben alles auf das Verhältniss des zugeführten Schmutzwassers und seinem Gehalt an Schmutz zu der Menge des in der gleichen Zeit durch den Querschnitt des Strombetts fließenden Wassers an. Bei der erheblichen Strömung der Elbe ist trotz der Größe der beiden genannten Städte die Verunreinigung eine unbedeutende, was auch Untersuchungen von Elbewasser vor und nach der Einmündung der Abfallwasser ergeben haben. Viel ungünstiger ist das Verhältnis bei London, nicht bloß wegen der viel größeren Einwohnerzahl, sondern auch weil die durchschnittliche Stromgeschwindigkeit durch den Einfluss von Ebbe und Flut sehr herabgesetzt wird. Und ebenso ungünstig liegen die Verhältnisse bei Berlin, wenn man die Größe der Stadt und die Kleinheit des Flusses in Betracht zieht. In der That waren auch die Zustände in Berlin, so lange man alle Abwässer einfach in die Spree leitete, geradezu grauenhaft, so dass Rückert von diesem Fluss mit Recht sagte, dass er die Stadt als Schwan betrete, um sie als Schwein zu verlassen.

Verbleib der Kanalwässer.

Achte Vorlesung.

Behandlung der Kanalwässer. Feldberieselung.

Verunreinigung der Flüsse. — Veränderungen der hineingelangten Stoffe. — Desinfektion der Abwässer. — SÜVERN'sche Masse. — Berieselung. — Nutzbarmachung der Abfallstoffe. — Reinigung der Wässer durch die Berieselung. — Hygienische Erfolge der Kanalisirung. — Einfluss auf besondre Krankheiten.

Verunreinigung der Flüsse.

59. Wenn ein Kanal in einen Fluss mündet, so wird das Schmutzwasser von dem Flusswasser mitgerissen, und man sieht von der Mündungsstelle aus eine Wolke von grau schmutziger Masse eine Strecke weit flussabwärts sich hinziehen; allmählich verliert sich diese, und in einiger Entfernung ist das Wasser wieder klar. Es haben die aufgeschwemmten Massen, u. z. die gröberen zuerst, sich zu Boden gesenkt. Man findet einen Schlamm auf dem Boden des Flussbettes, welcher aus den abgesetzten Massen besteht. Die löslichen Stoffe hingegen haben sich nach und nach gleichmäßig verteilt. Nimmt man Proben von zwei nicht weit von einander entfernten Stellen des Flusses, deren eine ober-, die andre unterhalb der Einmündung des Schmutzkanals liegt, so ergibt sich aus dem Unterschied in der Zusammensetzung des Wassers der Grad der Verunreinigung. Die hygienische Bedeutung der letzteren hängt natürlich auch von der Natur der hineingelangten Stoffe ab, z. B. wenn geradezu giftige Stoffe aus Fabriken hineingeleitet werden, von denen schon geringe Mengen tötlich wirken oder doch die Gesundheit erheblich schädigen.

Veränderungen der hineingelangten Stoffe.

60. Was aber hauptsächlich vorzukommen pflegt, das sind die organischen Substanzen der Haus- und Küchenwässer und der überall verbreiteten Gewerbe, Schlächtereien u. s. w. Diese verändern sich innerhalb des Stromes, so dass man sie in einiger Entfernung abwärts von der Einmündungsstelle nicht mehr vorfindet, statt ihrer aber gewisse aus ihnen entstandene Stoffe. In dem Wasser nämlich finden, da es Gelegenheit hat, Sauerstoff aufzunehmen, Oxydationen statt; es entsteht z. B. aus dem Stickstoff der organischen Substanz Salpetersäure. Diese, wenn sie aus faulenden Stoffen entstanden ist, ist weniger schädlich als die ursprünglichen Stoffe. Man kann das als eine Art Selbstreinigung der Gewässer bezeichnen, welche aus den schädlichen weniger schädliche Stoffe macht. Die *Kohlenstoffverbindungen* der organischen Stoffe verbrennen teilweise

zu Kohlensäure oder es entstehen Kohlenwasserstoffe. Wenn größere Mengen von Kohlenstoffverbindungen sich als Schlamm auf den Boden setzen, wo es an Sauerstoff mangelt, so kann es da zur Entwicklung von größeren Gasmengen kommen, welche in Blasen in die Höhe steigen, besonders bei Umrühren des Wassers. Man kann die Gase auffangen und als Kohlenwasserstoffgas erkennen an ihrer Brennbarkeit. Sie bestehen zum größten Teil aus Methan (CH_4), auch Grubengas oder Sumpfgas genannt. Andre Gase sind meist in geringerer Menge vorhanden.

Eine größere Masse von organischen Substanzen würde nicht auf diese Weise durch Selbstreinigung beseitigt werden können, und man würde auf weite Entfernungen hin die fauligen Massen noch finden, welche den Fluss schrecklich verunreinigen, so dass Fische darin nicht leben könnten, die Menschen belästigt würden durch die Gasemanirung. Endlich würde jeder Gebrauch des Wassers beeinträchtigt werden. Derartige Zustände können um so weniger geduldet werden, als wenn auch die Einwohnerschaft sich der Massen erst unterhalb der Stadt entledigt, doch dort wieder andere Orte liegen, deren Bewohner dadurch belästigt werden. Ehe es z. B. in Berlin eine Kanalisation gab, waren die Zustände geradezu erschreckend, nicht blos an den Armen der Spree und an den künstlich angelegten Verbindungsgräben innerhalb der Stadt selbst, sondern noch ganz besonders in der Gegend von Charlottenburg, welches schließlich den ganzen Schmutz von Berlin zugeschwemmt erhielt.

61. Um diesen Übelständen abzuhelfen, hat man vielfach versucht, die Abfallwässer, ehe man sie in den Fluss ließ, chemisch zu behandeln, um ihnen ihre Schädlichkeit zu nehmen. Diese Behandlung ist noch heute in vielen Fällen nötig, wenn es sich um die Abwässer von einzelnen isolirt liegenden Anstalten, z. B. Fabriken, handelt, welche organische Stoffe verarbeiten, die zum Teil in die Abwässer übergehen. In den Zuckerfabriken z. B. werden die Zuckerstoffe aus den Rüben extrahirt, indem diese in kleine Stücke zerschnitten und ausgelaugt werden. Alles was unlöslich ist, bleibt zurück. Die aus den Fabriken abfließenden Wässer enthalten stets große Mengen fäulnisfähiger, stickstoffhaltiger Stoffe. Häufig lässt man diese einfach in einen Fluss oder Teich laufen oder in Gruben versitzen. Mit der Zeit steigern sich aber die Übelstände derart, dass etwas dagegen geschehen muss. Man bezeichnet alle zu diesem Zweck ergriffenen Maßregeln als D e s i n f e k t i o n. Wir werden auf dieselbe später noch eingehender zurückkommen. Hier will ich nur des Beispiels wegen ein Verfahren

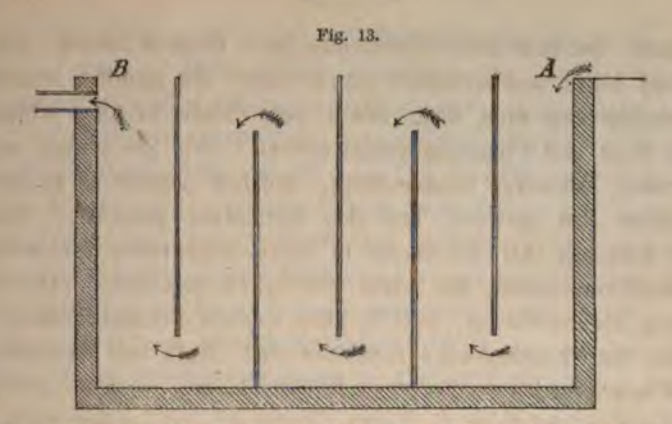
Desinfektion der Abwässer.

erwähnen, welches unter Umständen gute Dienste leistet. Ich fülle in diesen hohen und schmalen Standzylinder ein ziemlich schmutziges Kanalwasser und füge dazu etwas von dieser breiigen Flüssigkeit, welche Kalk und Chlormagnesium enthält. Wie Sie sehen, entsteht ein grober, schwerer Niederschlag, welcher schnell zu Boden sinkt und dabei den größten Teil des Schmutzes mitreißt. Innerhalb kurzer Zeit hat sich die Masse in einen weißgrauen Bodensatz und eine darüberstehende, fast klare Flüssigkeit geschieden. Die erzielte Wirkung beruht darauf, dass in allen solchen Schmutzwässern große Mengen von Phosphorsäure enthalten sind. Kalk und Magnesia geben mit Phosphorsäure unlösliche Niederschläge, welche schnell zu Boden sinken und dabei die Verunreinigungen mit niederreißen. Diese Reinigung des Wassers ist freilich keine vollständige, aber es ist schon ein ungeheurer Vorteil, wenn man die gefährlichen Schmutzwässer in zwei Portionen teilen kann, von denen die eine ein dicker Bodensatz ist, der durch seinen Gehalt von phosphorsaurem Kalk ein vorteilhaftes Düngmittel bildet, während der andre Teil eine verhältnismäßig an fäulnisfähigen Substanzen arme Flüssigkeit ist. Man kann dann unter Umständen die letztere ganz gut in den Fluss abfließen lassen, während es ganz unmöglich und gefährlich wäre, die ganze Masse hineinzuleiten.

SÜVERN'sche Masse.

62. Da die so behandelten Massen meist schon vorher in Fäulnis begriffen waren und wegen der unvollkommenen Reinigung auch nachher noch weiter faulen können, so ist es zweckmäßig, der Kalk-Magnesiamischung noch etwas hinzuzusetzen, was die Fäulnis beschränkt, z. B. Karbolsäure. Eine Mischung von Kalk, Chlormagnesium und Steinkohlenteer (welcher etwa 9% Karbolsäure enthält) ist unter dem Namen der SÜVERN'schen Masse zur Desinfektion von Abwässern gut zu gebrauchen. Nur muss man durch zweckmäßige Einrichtungen dafür Sorge tragen, die Wirkung des Fällungsmittels auch wirklich auszunutzen. Dazu würde etwa folgende Einrichtung zu empfehlen sein. Man leitet die Schmutzwässer in Klärbassins, welche durch Scheidewände in der Weise abgeteilt sind, wie es Fig. 13 darstellt. Die Flüssigkeit und die durch Versuche vorher ausgemittelte ausreichende Menge des Klärmittels treten bei A ein; die geklärten Wasser fließen bei B ab; sie werden durch die Scheidewände gezwungen, abwechselnd abwärts und aufwärts zu fließen, wodurch ein vollkommneres Abscheiden des Niederschlags bewirkt wird. Nach einiger Zeit lässt man die Flüssigkeit ganz aus dem Bassin ab, entfernt die Scheidewände und reinigt das Bassin, worauf man es von neuem benutzen kann.

Fig. 13.



So vorteilhaft derartige Einrichtungen für einzelne Fabriketablissements sein können, so zweifle ich doch, ob sie auch nur für kleinere oder mittlere Städte zur Desinfektion aller Abwässer durchführbar wären. Für große Städte ist dies sicher nicht der Fall. Man würde gar nicht den Platz finden für die Klärbassins und die Kosten der Einrichtung würden enorm sein. Ausserdem sind die Reinigungsmittel nicht ausreichend für so komplizirte Massen, wie die Abwässer ganzer Städte doch sind. Auch bei verschiedenen Fabriken wird man verschiedene Klär- und Desinfektionsmittel wählen müssen, je nach der Beschaffenheit der zu fällenden Stoffe. Universalmittel für alle die verschiedenartigen Stoffe, welche in den Schwemmkanälen einer Stadt zusammenfließen, gibt es ebenso wenig wie es Universalarzneien gegen alle Krankheiten gibt. Obgleich derartige Rezepte immer und immer wieder angegeben werden, so ist die chemische Desinfektion der Abwässer in größerem Maßstab doch nicht durchführbar, schon wegen der großen und je nach der Menge des Regens fortwährend wechselnden Wassermassen, welche zu bewältigen sind.

63. Solche Schwierigkeiten hatten sich u. a. auch in Croydon, einer kleinen englischen Fabrikstadt am Wandel, einem Nebenfluss der Themse, bemerkbar gemacht. Man hatte eine Kanalisation eingerichtet und leitete die Abwässer in den Fluss. Aber die Bewohner der benachbarten Ortschaften beklagten sich bald über die Verunreinigung und machten die Klage bei Gericht anhängig. Der Richter erklärte, die Stadt sei verpflichtet etwas zu thun, wodurch Abhilfe geschafft würde. Es wurden nun alle möglichen Projekte angeboten, endlich kam ein Gutsbesitzer und erklärte, wenn die Stadt ihm gewisse ihr gehörige, sehr wenig wertvolle Äcker zu landwirtschaftlichem Betrieb überlassen wollte, so verpflichte er sich die Abwässer dort zur Berie- Berieselung.

selung zu benutzen, sie dadurch zu klären noch für die fast wertlosen Grundstücke Pacht zu zahlen. Die Stadt ging darauf ein, das Experiment gelang, und dies ist der Ursprung der jetzt immer mehr sich verbreitenden Reinigung der Kanalwässer durch Berieselung. Die erste deutsche Stadt, welche diese Methode einführte, war Danzig und ihr ist dann Berlin gefolgt. Das Prinzip der Berieselung besteht darin, dass man die Schmutzwasser, welche bei der raschen Fortschwemmung in noch nicht hochgradiger Zersetzung auf die Rieselfelder gelangen, sofort über passend hergerichtete Ackergründe leitet, wo sie in den Boden einsickern, als Dünger Pflanzen ernähren und dadurch wieder in nützliche Substanzen umgewandelt werden.

Der gewöhnliche Stalldünger, welcher verhältnismäßig arm an Wasser ist, kann wenigstens auf dem Lande ohne allzu große Belästigung in Düngerhaufen aufbewahrt werden bis zur Verwendung. Wird er dann aufs Feld gebracht, so wird er entweder untergepflügt oder man breitet ihn nur oberflächlich aus und überlässt es dem Regen, ihn auszuwaschen und die gelösten Stoffe dem Boden zuzuführen. Bei den Kanalwässern aber entsteht die große Schwierigkeit eben daraus, dass die wertvollen Pflanzennährstoffe aufgelöst oder aufgeschwemmt sind in großen Wassermassen und dass sie wegen ihrer nassen Form schneller Fäulnis unterworfen sind. Bringt man sie nun auf ein planirtes Feld und lässt sie darüber fließen, so sickert das Wasser bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden ein, es wird aber einen großen Teil der Substanzen in den oberen Bodenschichten zurücklassen und es wird, wie bei dem früher angestellten Versuch, das Wasser durch die Filtration im Boden gereinigt werden. In manchen Fällen tritt dieses Sickerwasser in einem Bodeneinschnitt zu Tage; oder man kann es auch durch einen absichtlich angelegten Brunnen schöpfen. Dieses Wasser kann man analytisch untersuchen auf seine Zusammensetzung und vergleichen mit dem darauf gebrachten Schmutzwasser. Man findet, dass es reines Wasser ist, etwa von derselben Zusammensetzung, wie sie viele Brunnenwässer zeigen.

Nutzbarmachung der Abfallstoffe.

64. Die in den oberen Bodenschichten zurückgehaltenen aufgeschwemmten Massen der Kanalwässer würden bei dauernder Berieselung allmählich die Poren des Bodens verstopfen. Wenn aber die Ländereien richtig bearbeitet und mit Pflanzen bestellt werden, dann saugen die Wurzeln der Pflanzen die Stoffe auf und verwandeln sie in lebende Pflanzensubstanz. Dies ist also nichts als eine modifizirte und verbesserte Art der Düngung. Die Berieselung ist von um so

größerer Bedeutung, als sie nicht bloß die Stadt vom Schmutz befreit, sondern auch der Landwirtschaft ohne Verlust die nötigen Stoffe zuführt, ehe noch Zersetzungen eingetreten sind, welche immer mit Verlust an Düngerwert verbunden sind. Die Geschwindigkeit, mit der die Zuführung geschieht, ist eine sehr große. Es vergehen kaum drei Stunden bis die Stoffe von ihrem Ausgangspunkt auf die Rieselfelder gelangen und ihren Zweck als Dünger erfüllen. Die sterilsten Sandbodenflächen, die sonst zu nichts zu gebrauchen waren, können durch diese Berieselung in fruchtbare Gemüsegärten umgewandelt werden. Allerdings muss die Bebauung passend geregelt werden. Die Berieselung ist also offenbar die Lösung des Problems, die Städte vom Unrat zu befreien und doch der Landwirtschaft keine nutzbaren Düngerstoffe zu entziehen. Sie bricht sich deshalb auch immer mehr Bahn, trotz aller gegen sie geäußerten Bedenken. Die Furcht, dass auf den Rieselfeldern und in ihrer Umgebung allerlei Epidemieen ausbrechen müssten, hat sich glücklicher Weise nicht bestätigt. Auch pekuniär ist der Erfolg ein günstiger, wenn auch die ungeheuren Kosten der Berieselung und Kanalisirung nur zumteil durch den Erlös der Pflanzenprodukte gedeckt werden. Im Laufe der Zeit werden wohl noch weitere Verbesserungen gemacht werden, um die Verhältnisse noch günstiger zu gestalten. Mit der Zuführung der Wassermenge muss man aber eine Grenze einhalten, um das Land ertragsfähig und die Reinigung der Wässer vollständig zu machen. Die Menge Kanalwasser, welche man einer gewissen Fläche zuführen darf, ist je nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden. Man muss durch die Erfahrung der ersten Jahre feststellen, wieviel Land man für die vorhandene Menge der Kanalwässer braucht. Ist in der Nähe einer großen Stadt nicht genug Land zu diesem Zweck aufzutreiben, dann bleibt allerdings nichts andres übrig, als die Berieselung zu kombiniren mit dem chemischen Klärverfahren. Dann muss man das Wasser in zwei Portionen teilen, in eine, die man ohne Schaden in den Fluss laufen lassen kann, und eine weniger reine, die man zur Berieselung verwendet.

Reinigung der Wässer durch die Berieselung.

65. Was die Erfolge der Einrichtung der Kanalisation anlangt, so ist es ganz unzweifelhaft, dass in allen Städten, in welchen die Kanalisirung gründlich und mit Berücksichtigung aller Erfahrungen durchgeführt worden ist, wesentliche Besserung eingetreten ist, nicht bloß in ästhetischer Beziehung, sondern entschieden auch eine Besserung in Bezug auf Hygiene. Es ist schwer, diese Besserung durch genaue Zahlen zu beweisen, da so viele Umstände zusammenwirken

können, welche das schließliche Ergebnis beeinflussen, so dass nur da, wo man über einen langen Zeitraum von Jahren Beobachtungen gesammelt hat, etwas einigermaßen sicheres ausgerechnet werden kann. Nun liegen aber solche Erfahrungen vor und die erwähnte Stadt Croydon gibt ein lehrreiches Beispiel: Die Stadt hatte 17000 Einwohner, als sie die Berieselung einführte. Es wurden verwendet 250 Acres Lehmboden und auf diese wurden hinausgeführt 6250 Tons pro Acre. Diese ungeheure Menge von Flüssigkeit verteilt sich nicht gleichmäßig auf das Jahr. Bei der außerordentlich milden Witterung, die in England herrscht, tritt aber eine Schwierigkeit, die zuweilen in Deutschland sehr hinderlich ist, nicht sehr hervor, nämlich das Einfrierern im Winter. Man kann dort das ganze Jahr hindurch berieseln und kann im Jahr sieben Ernten von Gras machen, was sich erklärt durch die Menge zugeführter Nahrung für die Pflanzen, Wasser sowohl als Stickstoff und Salze. Die Zusammensetzung des Kanalwassers und des aus den Äckern nach dem Fluss abfließenden Sickerwassers ist untersucht worden und hat folgendes ergeben: In einer Gallone sind enthalten in Grains:

	Kanalwasser	Sickerwasser
Anorg. Stoffe	43,3	23,2
Org. Stoffe	52,2	2,4
Davon Ammon.	6,7	0,2

Die organische Substanz bleibt also so gut wie ganz in dem Boden. Sie geht in der That aus diesem in die auf dem Felde wachsenden Pflanzen über. Dagegen fällt der ziemlich hohe Gehalt des Sickerwassers an anorganischen Stoffen auf. Vergleicht man aber die anorganische Substanz des Schmutzwassers und des abfließenden Wassers, so findet man, dass letzteres Substanzen enthält, welche im Schmutzwasser gar nicht vorhanden waren; es ist vielmehr wahrscheinlich auch die anorganische Substanz desselben im Boden zurückgeblieben, beim Weitersickern aber sind andere anorganische Substanzen wieder aufgelöst worden. Das so aus den Kanalwässern entstandene Sickerwasser wird durch Drainröhren und Abzugsgräben in den Fluss geleitet. Über die Veränderung, welche das Flusswasser hierdurch erleidet, hat man folgendes ermittelt:

Das Flusswasser enthält Grains in 1 Gallone:

	Vor der Einmündung der Sickerwässer	Nach der Einmündung der Sickerwässer
Anorgan. Stoffe	18,6	20,16
Organ. Stoffe	1,4	2,08
Ammoniak	*0,18*	0,16

Die vor der Einmündung des Sickerwassers in dem Fluss schon vorhandene, nicht erhebliche Verunreinigung rührt offenbar her von den Stoffen, die absichtlich oder zufällig oberhalb der Stadt hineingelangten. Nach der Einmündung des Sickerwassers hat der Fluss seine Beschaffenheit kaum verändert. Eine solche Verunreinigung kann man wohl als unschädlich ansehen.

Ganz ähnliche Studien hat man auch an allen anderen Stellen, wo man Rieselfelder angelegt hat, angestellt. Ich führe noch ein Beispiel aus England ein, weil es ein kleines Städtchen von nur 8000 Einwohnern betrifft, um zu zeigen, dass auch für solche Verhältnisse die Überrieselung passt. Das Städtchen heißt Rugby und liegt am Upper Avon. Dort werden 450 Acres schweren Lehmbodens berieselt mit 5000 Tons jährlich pro Acre. Die Untersuchung ergab: In einer Gallone sind enthalten Grains:

	Kanalwasser	Abflusswasser
Suspendirte anorgan. Stoffe	49,65	0,0
„ organ. „	36,40	0,0
Gelöste anorgan. „	45,00	39,1
„ organ. „	10,60	7,4
Zusammen anorgan. „	94,70	—
„ organ. „	47,00	—
Summe aller festen „	141,00	46,5

Dass hier die Reinigung eine unvollständigere ist als in dem ersten Beispiel, hängt damit zusammen, dass das Berieselungswasser sehr schmutzig ist und viel zu viel Wasser auf den Boden kommt, dass endlich dieser Boden wegen seines Lehmgehalts zur Berieselung weniger geeignet ist als Sandboden. Trotzdem muss es doch schon als ein großer Vorteil angesehen werden, dass die organischen Stoffe von 47 auf 7, also rund auf 15 % verringert sind.

Hygienische Erfolge der Kanalisirung.

66. Was die hygienischen Erfolge der Kanalisirung anlangt, so ist es schwer, sie durch sichere Zahlenbelege zu beweisen. Die Sterblichkeitsziffern, auf die man fast allein angewiesen ist, sind von so vielerlei Umständen beeinflusst, dass ein sicherer Schluss aus ihnen nicht unmittelbar gezogen werden kann, um so weniger, als die Zeiträume, welche man vergleichen kann, noch zu kurz sind. Soviel steht fest, dass die durch die Kanalisirung erzielte Reinhaltung von Wasser, Luft und Boden an und für sich ein großer Gewinn ist, auch wenn man ihre Erfolge nicht unmittelbar beweisen kann. Die folgenden Zahlen sprechen aber doch dafür, dass der Gesundheitszustand im allgemeinen nach der Kanalisirung sich bessert.

In der Stadt Croydon war in den letzten 10 Jahren vor der Kanalisirung die Sterblichkeitsziffer 23,66, die mittlere Lebensdauer betrug 30 Jahre 1 Monat. In den 10 Jahren nach der Kanalisation Sterblichkeit 18,46; mittlere Lebensdauer 33 Jahre, also eine Zunahme gegen die Jahre vor der Kanalisation um 2 Jahre 11 Monat. Ebenso steht fest, dass in Berlin die Sterblichkeit in den letzten Jahren erheblich abgenommen hat. Sie betrug:

	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885
inkl. Totg.	31,51	31,44	31,16	29,19	31,25	28,73	27,37	30,27	27,71	25,76
exkl. „	29,76	29,66	29,47	27,56	29,67	27,21	25,88	28,87	26,29	24,33

Ebenso ist in Danzig und andern deutschen Städten, welche in den letzten Jahren kanalisirt wurden, eine Abnahme der Sterblichkeit eingetreten. Während dieselbe in Danzig in den zehn Jahren vor der Kanalisirung (1863—72) zwischen 25 und 49 lag, betrug sie in den elf Jahren nach derselben (1872-1882) zwischen 25 und 31,5.

Einfluss auf besondere Krankheiten.

67. Nun ist es selbstverständlich, dass nicht alle Krankheiten von der Kanalisation in gleicher Weise beeinflusst werden z. B. ist sie selbstverständiich gleichgiltig für die überwiegende Mehrzahl der Unfälle. Aber unter den vielen Krankheiten wird es einige geben, die vermöge ihrer Natur vorzugsweise von der Beschaffenheit des Bodens abhängen. Dies gilt, wie wir gesehen haben, in gewissem Maße von der Tuberkulose, noch viel mehr aber vom Typhus und verwandten Krankheiten, so dass es von besondrem Interesse ist, für diese eine gesonderte Berechnung aufzustellen. Freilich ist diese sehr erschwert durch die Unbestimmtheit der Ausdrücke in den statistischen Nachweisen. Bei den englischen Angaben müssen wir z. B. diese Krankeiten unter der Gruppe der „Fieber“ oder der „zymotischen Krankheiten“ suchen. In Croydon trafen danach in den 10 Jahren vor der Kanalisation 7,5 % aller Todesfälle auf fieberhafte Krankheiten und 23,7 % auf zymotische Krankheiten, dagegen in den 10 Jahren nach der Kanalisation 3,1 % auf Fieber und 17,2 % auf zymotische Krankheiten. Die Zahlen der letzteren sind auffallend hoch, so dass es schwierig ist, festzustellen, was gemeint ist. Auch für die deutschen Städte ist eine ganz genaue Angabe nicht möglich, aber schon jetzt ist doch so viel sicher, dass nicht nur, wie gesagt, die Sterblichkeit im allgemeinen, sondern dass ganz besonders der Typhus abgenommen hat. In Danzig betrug die Typhussterblichkeit vor der Kanalisirung 7—12,5, nach derselben 0,3—8 pro mille. Als ferneres Beispiel möge folgende Zusammenstellung dienen, welche für die Jahre 1854—1885

die Zahl der in Berlin an Typhus Verstorbenen in Prozenten aller Gestorbenen (excl. der Totgeborenen) angibt.

1854.	1855.	1856.	1857.	1858.	1859.	1860.	1861.	1862.	1863.
3,46	4,22	3,82	4,41	3,73	4,11	3,45	3,34	3,90	3,18
1864.	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	1870.	1871.	1872.	1873.
2,73	3,57	2,49	2,75	3,19	2,52	2,59	2,38	4,54	3,24
1874.	1875.	1876.	1877.	1878.	1879.	1880.	1881.	1882.	1883.
2,50	2,58	2,13	2,10	1,06	1,00	1,54	1,09	1,17	0,63
				1884.	1885.				
				0,73	0,80.				

Zur Erläuterung sei folgendes bemerkt. Die Kanalisirungsarbeiten begannen in der ersten Hälfte der 70er Jahre und sind jetzt ihrem Abschluss nahe. Stellt man die Zahlen von je 10 Jahren zusammen, so ergibt sich:

1854—1863:	Min. 3,18.	Max. 4,41.	Mittel 3,76
1864—1873:	„ 2,49	„ 4,54	„ 3,00
1873—1883:	„ 0,63	„ 2.58	„ 1,58

Die letzten 2 Jahre lasse ich fort, um nur Jahrzehnte mit einander zu vergleichen; sie würden übrigens das Ergebnis nur wenig ändern (Mittel 1,43 statt 1,58). Das letzte Jahrzehnt, welches unter dem Einfluss der Kanalisirung steht, unterscheidet sich so vorteilhaft von den beiden vorhergehenden, und innerhalb desselben fallen noch dazu die größten Zahlen so ausschließlich auf die ersten Jahre, dass man wol berechtigt ist, einen Einfluss der Kanalisirung anzunehmen.

Neunte Vorlesung.

Die Atmosphäre.

Bestandteile der Atmosphäre. — Sauerstoff und Ozon. — Nachweis des Ozons. — Bestimmung des Ozongehalts der Luft. — Verfahren von WOLFFHÜGEL. — Bedeutung des Ozons. — Andre Bestandteile in der Luft.

Bestandteile der Atmosphäre.

68. Wir haben schon Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dass zwischen dem Boden und der atmosphärischen Luft Wechselbeziehungen bestehen, und dass möglicherweise Bestandteile oder Erzeugnisse des Bodens in die Luft übergehen und auf diesem Wege die Gesundheit der Menschen beeinflussen können. Aber auch, wenn wir von dieser Möglichkeit ganz absehen, müssen wir doch annehmen, dass die Luft, welche uns allseitig umgibt, dass ihre physikalische und chemische Beschaffenheit nicht bedeutungslos sein kann. Wissen wir doch, dass einer ihrer Bestandteile, der Sauerstoff, zum Leben unbedingt notwendig ist.

Welche Verhältnisse der Luft sind es nun, welche direkt oder indirekt auf die Gesundheit einwirken? Darüber wissen wir womöglich noch weniger als über die Einflüsse des Bodens, obgleich man schon seit langer Zeit meteorologische Beobachtungen gemacht und diese mit der Sterblichkeit und der Häufigkeit vieler Krankheiten verglichen hat, um den Einfluss der Änderung der Luft auf die Gesundheit festzustellen.

Die Luft, welche wir atmen, ist ein Gemenge von verschiedenen Substanzen, unter denen an Masse hervorragen der Sauerstoff und der Stickstoff. Neben diesen kommen in der Luft regelmäßig vor ganz geringe Mengen von Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, salpetrige Säure und in wechselnden Mengen Wasserdampf. Einer mittleren Zusammensetzung der Atmosphäre werden etwa folgende Zahlenwerte entsprechen: Sauerstoff = 20,74 %, Stickstoff = 78,16, Wasserdampf = 0,96 %, Kohlensäure = 0,03 %. Diese Zahlen besagen aber nicht viel, weil eben der Wasserdampf außerordentlich schwankt. Wenn wir diesen vernachlässigen und die Zusammensetzung der trockenen Luft angeben, so bekommen wir zuverlässigere Zahlen: Sauerstoff = 20,9—21,0; Stickstoff = 78,9—79,0;

Kohlensäure = 0,03–0,04, außerdem Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure in Spuren. Daneben kommen in der Luft, besonders in Städten einige andere Gase vor, welche zufälligen Umständen ihre Entstehung verdanken z. B. schweflige Säure, die durch Verbrennung von schwefelhaltigen Steinkohlen erzeugt wird, und andere Verunreinigungen, welche aus Gewerbebetrieben oder aus der Zersetzung der Abfallstoffe stammen.

69. Unter den angeführten Stoffen nimmt unsere Aufmerksamkeit zuvörderst der Sauerstoff in Anspruch, weil er der physiologisch wichtigste Teil ist. Der Stickstoff spielt nur die Rolle eines Verdünnungsmittels und könnte auch ersetzt werden durch ein anderes indifferentes Gas, ohne dass die Verhältnisse der Atmung geändert würden. Nun befindet sich ein Teil dieses Sauerstoffs in der eigentümlichen Modifikation des Ozons. Die Chemiker haben die Vorstellung entwickelt, dass dieser von dem gewöhnlichen Sauerstoff sich dadurch unterscheidet, dass während in dem gewöhnlichen Sauerstoff zwei Atome zu einem Molekül vereinigt sind (O = O), im Ozon drei Atome in der Weise verbunden sind, dass jedes dieser Atome mit seinen zwei Affinitäten an zwei Nachbaratome gebunden ist: $\left(\begin{smallmatrix} & O & \\ / & & \backslash \\ O & — & O\end{smallmatrix}\right)$. Die Ursache dieser Vorstellung ist die, dass wenn man gewöhnlichen Sauerstoff in Ozon überführt, der Sauerstoff eine Verdichtung erfährt um die Hälfte seines Volumens. Dies kann nur nach der Avogadro'schen Theorie erklärt werden, welche besagt, dass in gleichen Volumen verschiedener Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur stets die gleiche Anzahl von Molekülen vorhanden ist. Wenn diese Vorstellung richtig ist, dann erklärt es sich auch, warum das Ozon so wenig konstant ist. Der Sauerstoff ist ein indolenter Körper, man kann ihn in Berührung lassen mit vielen anderen Körpern, ohne dass die Affinität zur Wirkung kommt z. B. mit einer großen Zahl aus dem Tier- und Pflanzenreich stammender Stoffe, welche meistens erst bei starker Temperaturerhöhung sich mit Sauerstoff verbinden. Ozon dagegen ist sehr labil; denn von den drei Atomen, welche in einem Molekül Ozon vereinigt sind, scheidet bei sehr geringen Anlässen schon das eine aus, worauf die beiden andern sich zu der stabileren Verbindung des gewöhnlichen Sauerstoffmoleküls zusammenfügen. Die freigewordenen Atome aber legen sich entweder auch zu je zweien zu gewöhnlichen Sauerstoffmolekülen zusammen oder sie verbinden sich mit anderen vorhandenen Atomen. Ozon ist daher ein viel energischeres Oxydationsmittel als gewöhnlicher Sauerstoff, greift des-

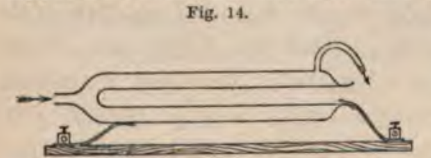
Sauerstoff und Ozon.

halb z. B. sehr viele organische Körper energisch an. Unter solchen Umständen lag es nahe zu vermuten, dass der Ozongehalt der Luft einen Einfluss auf das Befinden der darin lebenden Menschen haben müsse. Während aber einige vermuteten, dass Ozon eine schädliche Substanz sei und Krankheiten erzeuge, schreiben andere ihm im Gegenteil nützliche Eigenschaften zu. Letzteres ist im gewissen Sinne vielleicht richtig: Da ein Teil der Krankheitserreger organischer Natur ist, so kann man vermuten, dass diese durch Ozon zerstört und ihre Schädlichkeit vermindert werde. Ob aber das Ozon eine erhebliche Rolle spielt, ist sehr fraglich, denn die Menge, die in der Luft enthalten ist, ist immerhin sehr gering. Sie hängt ab von einer Anzahl von Prozessen, die in der Luft vor sich gehen, und aus gewöhnlichem Sauerstoff Ozon machen, und anderen, welche das gebildete Ozon wieder zerstören. Lässt man durch gewöhnlichen Sauerstoff elektrische Funken schlagen, so wird dieser zum Teil in Ozon übergeführt. In der Atmosphäre kommen elektrische Schläge in Gestalt von Gewittern vor, und es ist zweifellos, dass dabei Ozon gebildet wird. Ebenso weiß man, dass bei langsamer Verdunstung von Wasser Ozon entsteht. Aber dies gebildete Ozon wird immer wieder zerstört und daher kann die Menge, welche in der Atmosphäre vorkommt, nur sehr gering sein.

Nachweis des Ozons.

70. Um größere Mengen von Ozon zu erzeugen, sind verschiedene Apparate konstruirt worden. Der praktischste ist der von Siemens, (Fig. 14) bestehend aus einer Röhre, durch welche man mit Hülfe eines Blasebalgs oder aus einem Gasometer von dem einen, etwas verengten Ende her Luft oder reinen Sauerstoff hindurchtreibt. Innerhalb dieser Röhre befindet sich eine zweite engere, welche dem verengten Ansatz ihr geschlossenes Ende zuwendet. Vorne ist der Zwischenraum zwischen beiden verschlossen; kurz vor dem Verschluss hat die äußere Röhre ein enges seitliches Ansatzrohr. Wenn man Luft einbläst, so geht dieselbe durch den engen, zwischen beiden Röhren gelegenen ringförmigen Raum und kann durch das Ansatzrohr entweichen. Nun ist die äußere Röhre von außen zu einem großen Teil mit einem metallischen Leiter (Stanniol) überzogen und eben so die innere Röhre an ihrer inneren Fläche. Zu beiden Belegen geht eine Leitung in Gestalt einer gegen das Stanniol drückenden elastischen Metallfeder. Wenn man diese beiden Federn mit den Enden einer starken Induktionsspirale

Fig. 14.



verbindet oder mit den Polen einer Influenzmaschine, so findet durch den sehr engen Raum zwischen beiden Röhren hindurch eine sogenannte dunkle (d. h. nicht von Funken begleitete) Entladung statt, und wenn man nun einen Luftstrom durchleitet, so wird der in ihm enthaltene Sauerstoff in Ozon verwandelt. Dieses kann man erkennen an dem eigentümlichen Geruch, ferner aber an seiner außerordentlichen Oxydationsfähigkeit, welche sich ganz besonders darin äußert, dass Ozon im Stande ist, gewisse Verbindungen zu lösen und sich an Stelle anderer Atome der Verbindungen zu stellen. Unter diesen Verbindungen ist das Jodkalium zu erwähnen, welches gegen gewöhnlichen Sauerstoff vollständig fest ist; wirkt aber Ozon darauf ein, so hat dieses eine solche Verwandtschaft zu dem Kalium, dass es sich an Stelle des Jod drängt und dieses frei macht. Man erkennt dies leicht durch seine Reaktion auf Stärke. Setzt man zu einem dünnen Stärkekleister eine Spur von Jod, so wird derselbe sofort blau gefärbt; versetzen wir den Kleister mit Jodkalium, so wird er nicht gefärbt; wirkt aber auf das Gemenge Ozon ein, so wird Jod frei und die Stärke wird gefärbt.

Bestimmung des Ozongehalts der Luft.

71. Diese Reaktion auf Jodkaliumstärkekleister wurde von dem Entdecker des Ozons, Schönbein, benutzt, um eine Schätzung der in der Luft vorhandenen Ozonmenge zu ermöglichen. Wenn man ein feuchtes, mit Jodkaliumstärkekleister getränktes Papier in der Luft aufhängt, so färbt sich das Papier blau, wenn die Luft ozonhaltig ist. Diese Färbung fällt sehr verschieden aus; zuweilen ist sie tief blau, zuweilen schwach bläulich, je nach der Menge des Ozons, das auf das Papier eingewirkt hat. Um die in der Luft enthaltene Ozonmenge zu schätzen, lässt man das Papier eine bestimmte Zeit, z. B. 6 Stunden, in einem oben und unten offenen Kasten, welcher das Papier vor dem Einfluss des Lichts schützt, aber der Luft freien Zutritt gestattet, hängen und vergleicht dann seine Bläuung mit einer von Schönbein hergestellten Farbenskala. Man erhält diese, indem man auf weißem Papier einen Streifen dunkelblauer Farbe aufträgt, welcher der stärksten, am Jodkaliumstärkepapier beobachteten Färbung gleich ist, daneben einen etwas blasseren Streifen u. s. f., bis der letzte Streifen ganz weiß bleibt. Sind beispielsweise auf der Skala 12 solcher Streifen, welche man, vom Weiß ausgehend, mit den Zahlen 1—12 bezeichnet, und stimmt die Färbung des der Luft ausgesetzten Jodkaliumstärkepapiers überein mit dem 10. Streifen der Skala, so war die Ozonmenge = 10. Eine solche Schätzung ist allerdings wenig

genau. Man hat auch andre Methoden angegeben; ich übergehe sie aber, da sie nicht zuverlässiger sind.

Verfahren von WOLFFHÜGEL.

72. Es sind mit Hilfe dieser Methoden Messungen der verschiedensten Art gemacht worden so z. B. von WOLF in Zürich, LEICHTENSTERN in Berlin u. a., aber sie geben ein unsicheres Resultat und dazu trägt, worauf WOLFFHÜGEL aufmerksam gemacht hat, u. a. auch ein Umstand bei, der früher gar nicht berücksichtigt wurde: Denkt man sich eine ruhende abgeschlossene Luftmenge und hängt man in die Mitte des sie enthaltenden Raumes ein mit Jodkaliumstärkekleister getränktes Papier auf, so werden nach und nach alle Ozonmoleküle in dem Raum mit dem Papier in Berührung kommen, werden also ihren Anteil an der Färbung haben und der schließliche Grad der Färbung wird abhängen von der Menge der Ozonmoleküle. Wenn man aber das Papier im Freien aufhängt, dann wird die Menge von Ozonmolekülen, die mit dem Papier in Berührung kommen, nicht bloß abhängen von dem Ozongehalt, sondern auch von dem Zustand der Bewegung der Luft. Bei starkem Wind wird die Menge der mit dem Jodkaliumstärkepapier in Berührung kommenden Luft groß sein; aber es ist keine Sicherheit gegeben, dass in der kurzen Zeit der Berührung wirklich alle Ozonmoleküle auf das Jodkalium eingewirkt haben. Um brauchbare Resultate zu erzielen, ist es daher vor allen Dingen notwendig, dass man stets ein gleiches Quantum Luft mit dem Papier in Berührung bringt. Zu diesem Zwecke bringt WOLFFHÜGEL das Papier, statt es im Freien aufzuhängen, in ein Glasrohr, dessen eines Ende mit einem Aspirator verbunden ist, und lässt langsam das Wasser aus dem letzteren abfließen. Der Apparat saugt dann ein gemessenes Quantum Luft ein, welche gleichmäßig langsam an dem Papier vorbeistreicht. Da hier die Versuchsbedingungen gleich sind, so sind die Messungen viel genauere.

Bedeutung des Ozons.

73. Hygienisch verwertbare Ergebnisse aus solchen zuverlässigen Messungen des Ozongehalts sind mir nicht bekannt geworden. Aber vielleicht wird mit der Zeit ein Schluss auf den Zusammenhang und Einwirkung des Ozons auf die Häufigkeit von Krankheiten möglich sein. Bis jetzt muss man sich begnügen zu sagen, dass der Ozongehalt der Luft sehr schwankt: Im Freien, besonders mitten in Wäldern, ist er hoch, ebenso überall, wo viel Wasser verdunsten kann. Daher findet man, wie v. GORRUP-BESANEZ nachgewiesen hat, in der Nähe von Gradirwerken erhebliche Mengen von Ozon. In geschlossenen Räumen, wo Menschen leben, wird kein Ozon gefunden. Ob dasselbe irgend eine hygienische Bedeutung hat, ist, wie schon gesagt,

zweifelhaft. Ozonhaltige Luft wirkt auf die Schleimhäute der Nase und des Rachens reizend; bei stärkerer Einwirkung scheint es leicht Katarrhe zu erzeugen. Auf die tieferen Organe kann Ozon keine Wirkungen ausüben, da es schon auf den ersten Wegen zersetzt wird. Nach der Ansicht Einiger soll es „Miasmen" zerstören und dadurch nützlich sein. Sicher ist, dass manche von organischen Substanzen herrührenden Gerüche durch Ozon zerstört werden. Damit hängt vielleicht auch die sogenannte „luftreinigende" Wirkung der Gewitter zusammen.

Andre Bestandteile in der Luft.

74. Wenden wir uns zu denjenigen Bestandteilen, welche in geringen Mengen in der Luft vorhanden sind, so ist wenig zu sagen über die Kohlensäure. Diese stammt aus den unendlich mannigfaltigen Verbrennungsprozessen, welche fortwährend stattfinden, sei es in Form der Verbrennung von Holz und Kohlen etc., sei es in Verbrennung im lebenden Organismus in Gestalt von Atmungserscheinungen oder endlich in Gestalt der langsamen Verbrennung als Verwesung oder Fäulnis. Jedenfalls geht fortwährend auf der Erde und in den oberen Schichten der Erdrinde eine Anzahl von Prozessen vor sich, die mit Kohlensäureproduktion verbunden sind, und die Menge derselben würde noch viel größer sein, wenn nicht fortwährend der größte Theil derselben von den Pflanzen wieder reduzirt und als Sauerstoff der Luft wiedergegeben würde, während der Kohlenstoff in den Pflanzen abgelagert wird. Die höchsten Werte, welche man im Freien gefunden hat, kommen auf hohen Berggipfeln vor, wo es an allem Pflanzenwuchs mangelt. Auch in eingeschlossenen Höfen mitten in Städten kann der CO_2gehalt zuweilen bis auf 0,5 % steigen. Meistens schwankt er zwischen 0,3 und 0,4 %. Über die Kohlensäure in geschlossenen Räumen werde ich später sprechen.

Unter dem Einfluss der Gewitter entsteht neben Ozon auch immer etwas salpetrige Säure. Da auch immer etwas Ammoniumkarbonat vorhanden ist, welches aus den Zersetzungsvorgängen an der Oberfläche der Erde und in deren oberen Schichten entsteht, so kann die salpetrige Säure nicht im freien Zustande in der Luft verbleiben, sondern verbindet sich mit dem Ammonium zu Nitrit. Dieses wird mit dem Regen niedergeschlagen und kommt dann, indem es in den Boden eindringt, den Pflanzen zu gute, welche also auf diesem Wege einen kleinen Teil ihres Stickstoffbedarfs aus der Atmosphäre beziehen. Ist Ammoniumnitrit in der Luft vorhanden, so kann dies die Bläuung des Jodkaliumstärkepapiers durch Ozon verhindern; diese tritt aber sofort hervor, wenn man das Papier ansäuert. Die Mengen von sal-

petriger Säure, von Ammoniumkarbonat und von Ammoniumnitrit, welche in der Luft vorkommen, sind aber immer sehr gering; meistens sind es nur Spuren.

Alle anderen Bestandteile der Luft kommen nicht konstant vor. Wir können sie daher als Verunreinigungen betrachten und wollen sie als solche später besprechen. Eine hygienische Bedeutung können wir den letztgenannten, in geringen Mengen stets in der Luft vorhandenen Substanzen nicht zuschreiben. Eine größere Bedeutung hat dagegen ein auch stets vorkommender, aber in seiner Menge sehr schwankender Bestandteil der Luft: der Wasserdampf. Wir wollen ihm deshalb eine genauere Untersuchung in einer besonderen Vorlesung widmen.

Zehnte Vorlesung.

Der Wassergehalt der Luft.

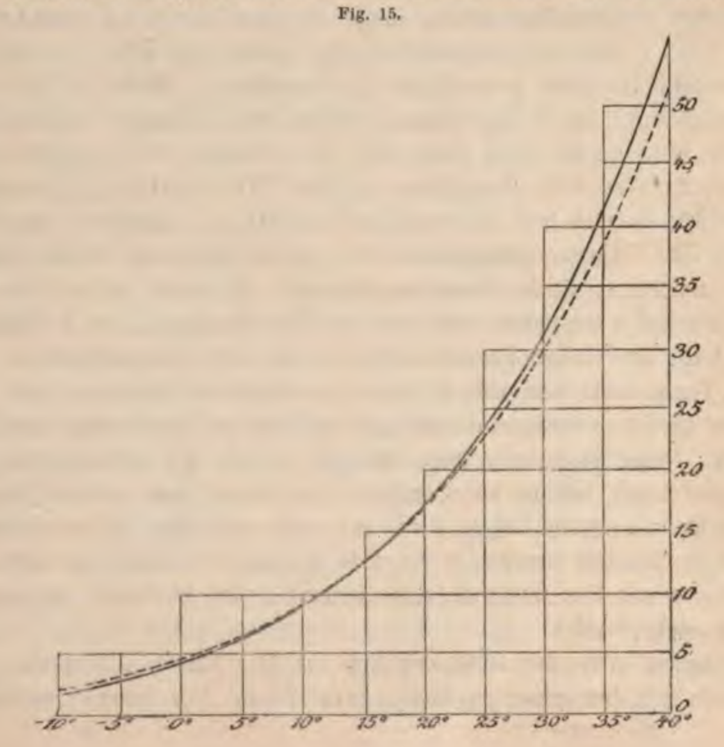
Dampfmenge und Dampfspannung. — Bestimmung des Wasserdampfs durch Wägung. — Bestimmung nach dem Volum. — Absoluter und relativer Feuchtigkeitsgehalt. — Hygrometer und Hygroskope. — SAUSSURE's Haarhygrometer. — Verbessertes Haarhygrometer von KOPP. — Bifilarhygrometer von KLINKERFUES. — AUGUST's Psychrometer.

75. Die Menge von Wasserdampf, welcher in der Luft vorhanden sein kann, hängt ab einmal von der Menge von flüssigem Wasser, welches verdunsten kann. Mitten in den großen Kontinenten, in der Wüste, in den Steppen ist diese Wassermenge sehr gering und die Luft daher arm an Wasserdampf, trocken. Dagegen mitten auf dem Ozean und auf Inseln des hohen Meeres ist die in der Luft enthaltene Wassermenge groß. Die Menge von Wasser aber, welche durch Verdunstung an die Luft übergeht, hängt zweitens ab von der Temperatur. Bei 100° C und einem Barometerstand von 760 mm geht alles Wasser in Dampfform über, je niedriger die Temperatur, desto geringer die Verdunstung; bei Temperaturen, welche dem Nullpunkt nahe liegen, ist sie sehr gering, doch nicht etwa bei 0° auch = 0, sondern auch Eis kann Wasser in Dampfform abgeben. Die Luft kann aber nicht beliebige Mengen von Wasserdampf aufnehmen, sondern wenn eine bestimmte Menge beigemischt ist, ist die Luft mit Wasserdampf „gesättigt"; die Verdunstung hört auf. Wenn wir in eine Flasche einen Tropfen Wasser bringen und die Flasche schließen, so verdunstet nicht der ganze Tropfen und wenn wir die Luft untersuchen, so enthält sie so viel Wasserdampf als sie bei ihrer Temperatur enthalten kann, sie ist gesättigt, und der Rest des Wassers bleibt daher tropfbar flüssig. Die Menge von Wasserdampf, welche der Luft beigemengt werden kann, steigt mit Zunahme der Temperatur sehr erheblich. Denken wir uns das Wasser aus der Luft abgeschieden, so könnten wir sein Gewicht durch die Wage bestimmen. Wir können aber die in einem gegebnen Luftquantum enthaltene Menge von Wasserdampf auch noch in einer anderen Weise ausdrücken, indem wir den Druck bestimmen, den der Wasserdampf ausübt. Durch das Barometer messen wir den Druck der Gesammtluft; wenn wir daraus den Sauer- Dampfmenge und Dampfspannung.

stoff z. B. wegnehmen würden, so würde der Druck entsprechend sinken. Wenn wir z. B. eine mit Luft gefüllte Flasche mit einem Manometer verbinden, so zeigt uns dieses, dass innen derselbe Druck herrscht wie außen. Bringen wir aber Phosphor in die Flasche, so wird derselbe auf Kosten des Sauerstoffs oxydirt und der Druck in der Flasche nimmt ab. Wenn aller Sauerstoff absorbirt ist, dann beträgt der Druck in der Flasche nur noch $^4/_5$ des Atmosphärendrucks. Von diesem Gesamtdruck des Gasgemenges, welches wir atmosphärische Luft nennen, kommt also auf Rechnung des Sauerstoffs $^1/_5$. Wir nennen das den Partialdruck des betreffenden Gases.

Wenn die Luft nicht trocken ist, so wird ein Teil des Druckes auf den Wasserdampf zu beziehen sein, und diesen könnte man in ähnlicher Weise messen. Man kann aber auch umgekehrt verfahren; statt der Luft den Wasserdampf wegzunehmen, kann man auch die Luft wegschaffen und den Druck des Wasserdampfs allein messen. Füllt man ein Barometerrohr mit Quecksilber und taucht es, indem man es mit dem Daumen verschlossen hält, umgekehrt in eine mit Quecksilber gefüllte Wanne, so wird bekanntlich bei Aufhebung des Verschlusses das Quecksilber in dem Rohr sinken und ein luftleerer

Fig. 15.



Raum im oberen Teil des Rohrs entstehen. Man bezeichnet, etwa durch einen übergeschobenen schmalen Kautschuckring, wie hoch das Quecksilber steht. Jetzt bringt man die Mündung einer gekrümmten Pipette, in welcher sich etwas Wasser befindet, unter die Öffnung des Barometerrohrs in der Quecksilberwanne und lässt durch einen leisen Druck einen Tropfen Wasser in die Röhre steigen. Das Wasser wird teilweise verdunsten und als Wasserdampf in dem luftleeren Raum sich verbreiten. Dieser Wasserdampf wird eine Spannung ausüben und die Folge wird sein, dass das Quecksilber sinkt. Misst man die Differenz zwischen dem jetzigen und dem früheren Stand des Quecksilbers, so hat man die Wasserdampfspannung. Auf diese Weise hat man die Wasserdampfspannung für verschiedene Temperaturen bestimmt. Die Werte von — 10 bis + 40° sind in Fig. 15 graphisch dargestellt. Die ausgezogene Kurve gibt die Spannung des gesättigten Wasserdampfs an, die gestrichelte die in einem Kubikmeter gesättigter Luft enthaltene Menge von Wasserdampf in Grammen. In der folgenden Tabelle sind die Werte der Spannung von 5 zu 5 Graden zusammengestellt.

Temper. °C.	Dampfsp. mm Hg	Gewicht. g in 1 cbm	Temper.	Dampfsp.	Gewicht. g in 1 cbm
			15	12,7	12,8
— 10	2,0	2,1	20	17,4	17,2
— 5	3,1	3,5	25	23,6	22,9
0	4,6	4,9	30	31,6	30,1
+ 5	6,5	6,8	35	41,8	39,4
10	9,1	9,4	40	54,9	50,7

Bestimmung des Wasserdampfs durch Wägung.

76. Die atmosphärische Luft ist, wie schon gesagt wurde, durchaus nicht immer mit Wasserdampf gesättigt; selbst in der Nähe des Meeres fehlt zuweilen etwas zur vollen Sättigung. Im Binnenland wechselt der Gehalt ausserordentlich und hängt ab vorzugsweise von der Temperatur und den Winden. Je nachdem letztere über das Meer oder über Steppen streichen, bringen sie uns feuchte oder trockene Luft. Wenn es lange regnet, so sättigt sich die Atmosphäre mit Wasserdampf, und das kann einige Zeit anhalten; wenn es aber längere Zeit nicht geregnet hat, so wird die Luft trocken sein. Ebenso wird die Luft gesättigter werden, wenn ihre Temperatur sinkt; sie entfernt sich dagegen von ihrem Sättigungspunkt, wird trockner, wenn ihre Temperatur steigt.

Um den Wassergehalt der Luft zu bestimmen, haben wir, wie aus dem früher gesagten folgt, zwei Wege. Wir können entweder

das Gewicht des in einem gewissen Raum befindlichen Wasserdampfes bestimmen oder seine Spannung. Zur Gewichtsbestimmung benutzen wir hygroskopische Substanzen d. h. solche welche im Stande sind, der Luft ihren Wasserdampf zu entziehen. Diese nehmen natürlich um soviel an Gewicht zu, als sie an Wasserdampf aufgenommen haben. Nimmt man z. B. eine Flasche, die genau 1 l Luft enthält, verschließt diese, nachdem man eine abgewogene Menge von Chlorcalcium hineingeworfen hat und schüttelt bis aller Wasserdampf von dem Chlorcalcium gebunden ist, so würde das Chlorcalcium eine Gewichtszunahme erfahren, welche gleich ist der Menge des in dem Liter Luft enthaltenen Wasserdampfs. Um die Bestimmung genau ausführen zu können, verfährt man aber besser in folgender Weise: Man füllt eine Röhre von der Form der Fig. 16, zum Teil mit Chlorcalciumstücken und verschließt sie durch die oben angebrachten Hähne, welche bei der in Fig. 16 gezeichneten Stellung die seitlich angeschmolzenen Röhrchen absperren. Mittels eines dünnen Drahtes kann man das so vorbereitete Rohr von seinem Gestell abnehmen, an eine Wage hängen und genau wägen. Nachdem dies geschehen, verbindet man das eine Röhrchen mit einem Aspirator, dreht die Hähne um 180° und saugt langsam Luft durch. Wenn der Aspirator, dessen Rauminhalt vorher genau ausgemessen ist, sich entleert hat, verschließt man wieder auf beiden Seiten und bestimmt abermals das Gewicht: Die Differenz ist gleich der Wasserdampfmenge. Dieses Verfahren ist etwas umständlich aber genau.

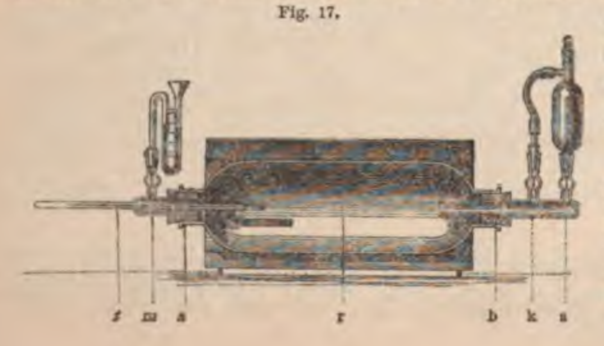
Fig. 16.



Bestimmung nach dem Volum.

77. Um die Wasserdampfspannung zu messen, lässt man den in einem abgesperrten Volum enthaltenen Dampf durch Schwefelsäure absorbiren und bestimmt die dadurch bewirkte Druckverminderung. Zu diesem Zweck dient der Apparat, welchen Fig. 17 darstellt. Der sorgfältig gereinigte Zylinder r wird mit der Luft des Beobachtungsortes gefüllt, indem man

Fig. 17.



so lange durch ihn hindurchsaugt, bis man sicher ist, dass nur Luft von der Beschaffenheit der Umgebung in ihm ist. Er wird dann durch Kautschukstopfen verschlossen, deren einer a von dem Thermometer t durchbohrt ist und zugleich die Verbindung des Zylinders mit dem Manometer m vermittelt. Durch den anderen Stopfen b geht eine Röhre, an der ein kleines, mit konzentrirter Schwefelsäure gefülltes Gefäß angefügt ist, welches an seinem oberen und an seinem unteren Ende mit der Röhre in Verbindung steht. Öffnet man die Hähne s und k, dann fließt Schwefelsäure in den Zylinder, während ein gleiches Volum Luft in das Gefäß übertritt. Dadurch wird also der Druck im Zylinder nicht verändert. Wenn aber dann der Wasserdampf absorbirt ist, so liest man am Manometer die dadurch entstandene Druckverminderung ab.

Aus der Druckverminderung und der Temperatur kann man auch das Volum des Wasserdampfs berechnen und in Prozenten des Gesamtvolums der Luft ausdrücken. Durch eine kleine Abänderung des Apparats kann man aber auch das Dampfvolum direkt finden. Man ersetzt das Gefäß durch eine geteilte Bürette und lässt den Hahn k geschlossen. Bei Öffnung des Hahns s fließt Schwefelsäure in den Zylinder, der Wasserdampf wird absorbirt, das Manometer sinkt. Wenn aller Wasserdampf absorbirt ist, was man daran erkennt, dass das Manometer zu sinken aufhört, so lässt man noch mehr Schwefelsäure einlaufen, welche nun keinen Wasserdampf mehr kondensiren kann, und zwar so lange, bis das Manometer auf beiden Seiten wieder gleich steht. Es müssen nun offenbar die Volume der zugeflossenen Schwefelsäure und des absorbirten Wasserdampfs einander gleich sein, und wenn man die Menge der ersten an der geteilten Röhre abliest, so kennt man die Menge des Wasserdampfes dem Volum nach.

Aus dem gefundenen Volum kann man wieder umgekehrt die Dampfspannung berechnen. Angenommen wir hätten gefunden, dass in einem Liter Luft 12,8 ccm Wasserdampf enthalten sind. Da diese 12,8 ccm auf den Raum eines Liters verteilt waren, so muss ihr Druck sich zum Gesamtdruck verhalten wie 12,8 : 1000. Zeigt nun das Barometer einen Druck von 748 mm, so haben wir

$$x : 748 = 12{,}8 : 1000$$

$$x = \frac{748 \;.\; 12{,}8}{1000} = 9{,}57$$

78. Wenn wir nun das Gewicht oder das Volum des Wasserdampfs bestimmen, so erhalten wir das, was man den absoluten *Absoluter und relativer Feuchtigkeit*

Feuchtigkeitsgehalt der Luft nennen, nämlich die Angabe, dass in einem Liter Luft so und soviel Wasserdampf vorhanden sei. Viel wichtiger als der absolute ist aber der relative Gehalt an Wasserdampf, d. i. das Verhältnis der enthaltenen Menge zu der, welche zur Sättigung nötig wäre. Dieses Verhältnis dessen, was die Luft in einem gegebenen Falle an Wasserdampf wirklich enthält, zu dem, was sie enthalten könnte, wenn sie gesättigt wäre, nennen wir den relativen Feuchtigkeitsgehalt oder einfach „Feuchtigkeitsgehalt"; man drückt ihn am besten in Prozenten der zur Sättigung erforderlichen Dampfmenge aus.

Der relative Feuchtigkeitsgehalt hat für uns mehr Wert als der absolute, weil von ihm die Wechselwirkung zwischen der Luft und dem menschlichen Organismus hauptsächlich abhängt. Die Körperoberfläche, unsere Schleimhäute, insbesondere die ganze Oberfläche der Lunge geben fortwährend Wasserdampf ab. Die Menge hängt aber nicht ab von dem absoluten Wasserdampf der äußeren Atmosphäre, sondern von ihrer relativen Feuchtigkeit. Je weiter die Luft von ihrem Feuchtigkeitsgrad entfernt ist, desto gieriger nimmt sie Wasser auf von anderen Gegenständen. Also verdunsten wir mehr Wasser, wenn wir uns in trockener Luft befinden, dagegen weniger in feuchter Luft.

Der relative Feuchtigkeitsgehalt hängt aber seinerseits nicht nur von dem absoluten sondern auch von der Temperatur der Luft ab. Denn da die Luft um so mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, je wärmer sie ist, so wird sie, bei gleichbleibendem absoluten Gehalt um so trockner sein, je wärmer sie ist. Wir kommen z. B. in ein kaltes Zimmer; dessen Luft soll 8° warm sein und ihre Dampfspannung sei 7,9 mm. Sie wird dann gesättigt sein. Das Zimmer wird nun geheizt, die Temperatur steigt auf das doppelte. Für 16° ist aber die Dampfspannung bei Sättigung = 13,6. Jetzt ist also die Luft nicht mehr gesättigt. Vielmehr wird ihr Feuchtigkeitsgehalt gefunden durch das Verhältnis:

$$\frac{\text{Absoluter Gehalt}}{\text{Zur Sättigung erforderl. Gehalt}} = \frac{7{,}9}{13{,}6} = 0{,}58 = 58\,\%.$$

Wir werden also jetzt in der warmen, aber trocknen Luft offenbar viel mehr Wasserdampf abgeben müssen, als vorher in der gesättigten kalten, und das muss einen großen Einfluss auf unser physiologisches Verhalten haben.

Hygrometer und Hygroskope.

79. Die Berechnung des relativen Feuchtigkeitsgehalts erfordert also die Kenntnis des absoluten Gehalts und der Temperatur. Aus der letzteren ergibt sich die zur Sättigung nötige Dampfmenge und

das Verhältnis der gefundenen absoluten zu dieser letzteren gibt die relative Feuchtigkeit. Aus der volumetrischen Messung in § 77 hatten wir z. B. eine Dampfspannung von 9,57 mm gefunden. Die Temperatur der Luft beträgt 16,8°. Dieser Temperatur entspricht beim Zustande der Sättigung die Spannung 14,32. Also ist die relative Feuchtigkeit

$$f = \frac{9,57}{14,32} = 0,67 \text{ oder } 67\,\%.$$

Man hat aber auch versucht, Instrumente zu konstruiren, welche unmittelbar den relativen Feuchtigkeitsgehalt angeben. Instrumente dieser Art nennt man Hygrometer oder, wenn sie keine genauere Messung sondern nur eine Schätzung gestatten, Hygroskope. Es ist schon eine alte Beobachtung, dass es Substanzen gibt, welche Wasser aufnehmen und dann ihre Gestalt verändern. So krümmen sich gewisse pflanzliche Gebilde stärker, wenn sie feucht werden. Besonders deutlich ist dies an den spiraligen Grannen des Reiherschnabels (*Erodium ciconium*) zu sehen. Andern Substanzen wie Leinenschnüre, Seide, Haare etc. strecken sich, wenn sie feucht werden. Solche hygroskopische Substanzen können daher bei passender Anordnung zur Herstellung von Hygrometern benutzt werden. Ihre Angaben sind aber nur dann einigermaßen genau, wenn man lange und sehr dünne Streifen oder Fäden verwendet. In der gröbsten Art kann man ein solches Hygroskop mit Darmsaiten herstellen: Das eine Ende einer Saite ist befestigt, das andere um eine hölzerne Rolle geschlungen und durch ein passendes Gewicht gespannt. Wenn die Luft feucht ist, wird die Saite länger, umgekehrt kürzer. Bringt man einen Zeiger an, so wird dieser auf einer Skala hin und herschwanken, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Statt der Darmsaite, welche sehr unempfindlich ist, kann man ein ganz dünnes Fischbeinstäbchen nehmen, wie man es durch Abschaben von größeren Stücken gewinnt. Unten ist es befestigt, oben läuft es über eine Rolle und ist durch ein Gewicht in Spannung gehalten. Verkürzt es sich, so wird es den angebrachten Zeiger nach der einen Richtung drehen, verlängert es sich, nach der anderen; der Zeiger wird auf der Skala spielen und so die Feuchtigkeitsunterschiede anzeigen.

80. Noch empfindlicher als Fischbein sind feine Haare, am empfindlichsten sollen die von Blondinen sein. Die Haare werden zu diesen Zwecken sorgfältig gereinigt, in verdünnter Kalilauge gekocht und dann mit Aether extrahirt. Ein solches Haar wird mit dem einen Ende befestigt, das andre ist um eine Rolle geschlungen und

SAUSSURE's Haarhygrometer.

durch ein kleines Gewicht gespannt. An der Rolle ist wieder ein Zeiger angebracht. Dieses **Haarhygrometer** (Fig. 18) ist von


Fig. 18.

SAUSSURE angegeben worden und kann schon zu genaueren Messungen benutzt werden. Es muss aber zu diesem Zweck erst graduirt werden. Zunächst muss man die Grenzpunkte bestimmen. Man bringt den ganzen Apparat in einen Glaszylinder, an dessen Boden etwas Wasser ist und und verschließt luftdicht. Man lässt ruhig stehen, bis das Haar sich nicht mehr verlängert und der Zeiger auf einem gewissen Punkt stehen bleibt. Diesen Punkt bezeichnet man mit 100; er zeigt den Stand des Instruments an, wenn die Luft gesättigt ist. Nun nimmt man den Apparat heraus und bringt ihn in einen vollkommen trockenen Raum. Dies können wir erreichen, indem wir auf den Boden des Glasgefäßes gierig Wasser ansaugende Substanzen bringen. Der tiefste Punkt, den der Zeiger jetzt einnimmt, wird mit 0 bezeichnet und der Raum zwischen den beiden so bestimmten Punken wird in 100 gleiche Teile geteilt. Man darf aber nicht annehmen, dass die Verlängerung des Haares den Prozentgehalten der Luft an Feuchtigkeit genau proportional seien. Man muss daher empirisch bestimmen, bei welchem Teilstrich der Skala der Zeiger für jeden Feuchtigkeitsgrad sich einstellt. SAUSSURE gibt nach Beobachtungen an seinem Instrument folgende Korrektionstafel:

Angabe des Instruments:	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100.
Wirklicher Feuchtigkeitsgehalt:	0	4,57	9,45	14,78	20,78	27,79	36,28	47,19	61,22	79,09	100.

Solche Bestimmungen gelten aber immer nur für ein bestimmtes Instrument und selbst für dieses ist man nicht sicher, dass nicht das Haar im Laufe der Zeit seine Eigenschaften ändert.

Verbessertes Haarhygrometer von KOPPE.

81. Unter den vielen Verbesserungen des Haarhygrometers hat sich die von KOPPE (Fig. 19) gut bewährt. Das Haar ist oben an einem Stift befestigt, unten um ein Röllchen geschlungen, welches den Zeiger trägt, und wird durch ein kleines Gewicht (1 g) oder einen federnden Neusilberdraht gespannt. Um vor jeder Messung das Haar richtig einzustellen, muss man die Luft vollkommen mit Wasserdampf sättigen. Zu diesem Zwecke bringt man hinter das in einem Kasten eingeschlossene Haar einen mit angefeuchteter Gaze überspannten Rahmen und schließt vorn durch eine Glasplatte, hinten durch einen eingeschobenen

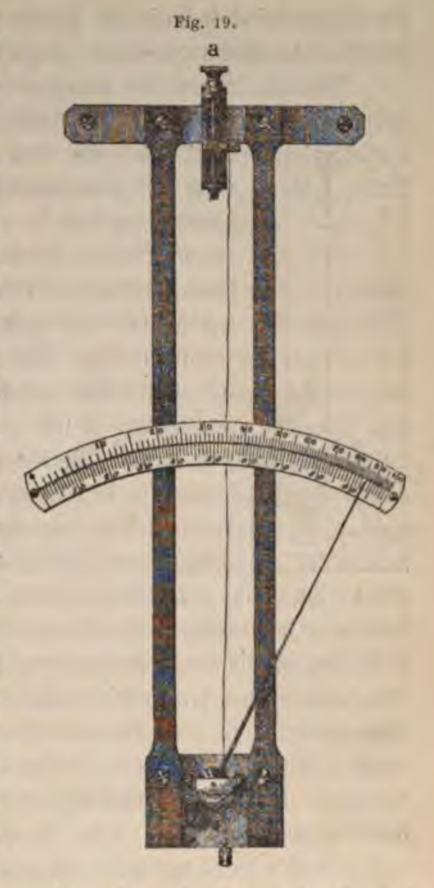


Fig. 19.

Schirm den Kasten ab. Die Luft sättigt sich und man sieht ob der Zeiger auf 100 steht. Sollte er das nicht thun, so kann man mit Hilfe der Schraube a den oberen Stift, an welchem das Haar befestigt ist, senken und so nachhelfen. Sodann nimmt man den Verschluss wieder fort; die umgebende Luft erhält Zutritt, und wenn dieselbe nicht zufällig auch gesättigt ist, so wird das Haar sich verkürzen und der Zeiger sich anders einstellen. Die Einstellung wird nun gleichfalls abhängen von den spezifischen Eigenschaften dieses Haares und man muss diese erst bestimmen. Den Nullpunkt bestimmt man ebenso, wie oben angeben wurde, indem man das Instrument in vollständig trockene Luft bringt. Aber um die Zwischenpunkte zu bestimmen, muss man experimentell verfahren, indem man das Instrument in Luft bringt, welche auf ihren Wassergehalt genau geprüft ist. Sie sehen, dass dieses Instrument mit zwei Teilungen versehen ist; die Zahlen der oberen Skala stehen nicht gleich weit von einander ab, sondern sie sind in den höheren Teilen der Skala näher an einander als in den tieferen. Die Teilung ist empirisch bestimmt nach der Erfahrung, dass das Haar sich stärker ausdehnt bei geringen Feuchtigkeitsgraden wie bei hohen.

82. Eine andre Verbesserung des Haarhygrometers stellt das Bifilarhygrometer von Klinkerfues dar. In demselben sind zwei Haare in der Weise angeordnet, dass sie einen Stift um seine Axe zu drehen bestrebt sind. Sie werden daran durch einen Gegenzug verhindert. Verlängern oder verkürzen sich die Haare in Folge der wechselnden Feuchtigkeit, so dreht sich der Stift um seine Axe und mit ihm der Zeiger, welcher an der Skala den Feuchtigkeitsgehalt abzulesen gestattet. Vermöge der eigentümlichen Anordnung

Bifilarhygrometer von Klinkerfues.

der Haare sind bei diesem Instrument die Winkeldrehungen der Axe den Feuchtigkeitsprozenten proportional.

Diesem Hygroskop ist eine sogenannte Reduktionsscheibe beigegeben, an welcher man durch passende Einstellung aus dem Feuchtigkeitsgehalt und der Temperatur der Luft den Taupunkt finden kann. Über die Bedeutung des letzteren werde ich in der folgenden Vorlesung sprechen.

AUGUST's Psychrometer.

83. Auf einem ganz anderen Prinzip beruht ein Instrument von August: das Psychrometer: Wenn man zwei ganz gleiche gute Thermometer neben einander aufstellt, so werden sich dieselben gleich hoch einstellen. Wenn man aber die Kugel des einen mit Wasser benetzt, so verdunstet dasselbe: dadurch wird Wärme gebunden und das Thermometer sinkt. Wird die Verdunstung einige Zeit unterhalten dadurch, dass man die Kugel mit feinem Musselin umhüllt und dieses durch Eintauchen in Wasser unmittelbar vor dem Versuch sich vollsaugen lässt, so wird sich eine Differenz herausstellen zwischen beiden Thermometern, welche andauert, so lange das Thermometer feucht ist. Diese Differenz hängt von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab; je geringer dieser, desto größer ist die Differenz. Es sind Tabellen berechnet worden, welche gestatten aus der abgelesenen Temperatur des trockenen Thermometers und des feuchten den Wassergehalt der Luft zu berechnen. Diese Art der Hygrometrie wird jetzt wol auf allen meteorologischen Stationen fast ausschließlich benutzt. Für hygienische Zwecke aber sind gute Hygrometer, z. B. das von Koppe wegen ihrer Bequemlichkeit besser zu verwenden, zumal wenn es sich um Messungen in geschlossenen Räumen handelt. Für Untersuchungen über die Zustände der Atmosphäre kann der Hygieniker immer die Beobachtungen der meteorologischen Stationen verwerten, welche ja meistens veröffentlicht werden oder sonstwie zugänglich sind. Dagegen muss er häufig Messungen unter Umständen machen, welche es gar nicht gestatten, alle zu einer genauen psychrometrischen Bestimmung notwendigen Vorsichtsmaßregeln zu beobachten. Ich gehe deshalb auch auf diese hier nicht weiter ein.

Elfte Vorlesung.

Der Taupunkt und die Niederschläge.

Der Taupunkt. — DANIELL's Hygrometer. — Hygrometer von REGNAULT. — Hygienische Bedeutung des Taupunkts. — Das Atmometer. — Niederschläge. — Einfluss der Winde. — Regenmenge. — Periodische Veränderungen der Feuchtigkeit.

84. Wie wir gesehen haben, ist die Luft nicht immer mit Wasserdampf gesättigt. Ja zuweilen ist sie sogar sehr trocken. Angenommen wir hätten Luft von 20°, welche, wenn sie gesättigt ist, 17 g Wasserdampf enthalten könnte. Sie enthalte aber nur 9 g. Diese Luft werde allmählich abgekühlt; bei ungefähr 10° ist sie gerade gesättigt. (Vgl. die Tabelle bei § 75). Wird sie nun noch ein wenig kälter, so kann sie den vorhandenen Wasserdampf nicht mehr ganz behalten, ein Teil desselben schlägt sich als Wasser nieder. Dieser Niederschlag ist bekannt in der freien Natur als Tau. Daher nennt man die Temperatur, bei welcher der Niederschlag beginnt, den Taupunkt. Wenn man diesen bestimmen kann, so kennt man auch den absoluten Gehalt und kann aus diesem und der Lufttemperatur den relativen Wassergehalt der Luft berechnen. Er liegt in unserm Beispiel etwas unter 10°. Die Tabelle sagt uns, dass bei dieser Temperatur 9 g Wasserdampf enthalten sein konnten. Die Luft hatte ursprünglich 20°, dabei können 17 g enthalten sein, also ist der Gehalt $^9/_{17}$ oder 53 %. Wie nun aber den Taupunkt bestimmen? Offenbar muss man die Luft abkühlen so weit, dass eben gerade die Ausscheidung des Wassers in flüssiger Form, in Gestalt feiner Tropfen erfolgt, und die Temperatur messen, bei der dies geschieht.

Der Taupunkt.

85. Da man mit dem Taupunkt unmittelbar auch den absoluten und relativen Feuchtigkeitsgehalt kennen lernt, so bezeichnet man die zur Bestimmung des Taupunkt dienenden Instrumente auch als Hygrometer. Das bekannteste dieser Instrumente ist das Hygrometer von DANIELL. Es besteht aus zwei durch ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr mit einander verbundenen Kugeln von dünnem Glase (a u. b. Fig. 20 f. S.). In den Kugeln befindet sich etwas Äther. Dieser wurde zum Sieden gebracht, wobei die in dem Rohr enthaltene Luft durch die Ätherdämpfe ausgetrieben wurde. Hierauf

DANIELL's Hygrometer.

wurde das Instrument zugeschmolzen, so dass also in dem geschlossenen Raum nur Äther und Ätherdampf enthalten ist. Man kann es nun durch Neigen des Instruments dahin bringen, dass aller Äther in der tieferen Kugel a sich befindet. Der Ätherdampf in der anderen Kugel b wird eine gewisse Spannung haben, abhängig von der Temperatur. Wird dieser Ätherdampf kondensirt, so entsteht eine Druckverminderung und der flüssige Äther in a beginnt lebhaft zu verdunsten und nach b überzudestilliren. Die Abkühlung wird bewirkt, indem man auf die Kugel b, welche mit Musselin umhüllt ist, etwas Äther gießt. Da dieser rasch verdunstet, so wird Wärme gebunden und die Kugel b abgekühlt. Der Ätherdampf in ihr wird also kondensirt und die dadurch erzeugte Druckverminderung bewirkt, dass der Äther in der Kugel a lebhaft verdunstet. Dadurch wird aber auch diese Kugel stark abgekühlt und hierdurch auch die Luftschichten, welche die Kugel umgeben. Schließlich muss man an den Punkt kommen, bei welchem die Luft mit dem Wasserdampf, den sie enthält, gesättigt ist. Bei weiterer Abkühlung wird sie den Überschuss absetzen in Form eines feinen Niederschlags, welcher besonders auf einem ringförmig die Kugel umgebenden Goldstreif deutlich durch die Trübung des blanken Goldes zu erkennen ist. Ein im Innern der Kugel a angebrachtes Thermometer zeigt die Temperatur an, bei welcher dies erfolgt; und dies ist der Taupunkt. Aus diesem kann man den absoluten und mit Berücksichtigung der Lufttemperatur auch den relativen Feuchtigkeitsgehalt bestimmen. Zur Ablesung des letzteren pflegt an dem Stativ des Instruments noch ein zweites Thermometer angebracht zu sein.

Fig. 20.

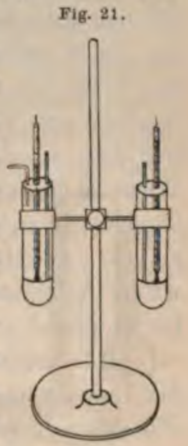


Hygrometer von REGNAULT.

86. Die Angaben dieses Hygrometers sind aus verschiedenen Gründen ungenau. Einmal muss man nahe an das Instrument herangehen um den Tau-Beschlag gut zu sehen; dabei wirkt die Körperwärme auf dasselbe ein, und die Luft in der Umgebung des Instruments wird leicht durch den Wassergehalt der Ausatmungsluft feuchter. Zweitens ist die Angabe des im I n n e r n der Kugel a befindlichen Thermometers nicht genau für die Temperatur der K u g e l o b e r f l ä c h e und der sie umgebenden Luft, deren Taupunkt man doch

bestimmen will. Regnault hat daher das Instrument verbessert. Seine Vorrichtung (Fig. 21) besteht aus einem zylindrischen Gefäß, welches in seinem oberen Teil aus Glas, in seinem unteren Teil aus ganz dünnem Silber von der Form eines Fingerhuts gefertigt und durch einen dreifach durchbohrten Kork verschlossen ist. Die eine Bohrung enthält ein Thermometer, welches den metallischen Boden berührt, die zweite Öffnung ein bis nahe auf den Boden des Gefäßes, die dritte ein kurzes gerade durch den Kork gehendes Rohr. Verbindet man letzteres mit einem Aspirator, so wird Luft angesogen. Diese steigt in Blasen durch das teilweise mit Äther gefüllte Gefäß. Die Heftigkeit mit der die Blasen durchgehen, kann man durch eine Schraubenklemme reguliren. Jede Luftblase reißt etwas Ätherdampf mit, der Äther verdunstet und kühlt sich stark ab. Die Temperatur des Gefäßes sinkt daher und muss endlich beim Taupunkt ankommen. Sobald dies der Fall ist, wird sich das Silber mit Tau beschlagen und sich trüben. Diese Beobachtung kann man aus der Ferne durch ein Fernrohr machen und die Temperatur ebenso ablesen. Ein kleiner Beobachtungsfehler wird mit unterlaufen, da man die erste Spur von Niederschlag nicht bemerken wird. Hat man den Niederschlag beobachtet und den Stand des Thermometers abgelesen, so schließt man den Luftstrom durch Zuklemmen des Gummischlauchs ab; allmählich wird durch Erwärmung von der äußeren Luft her der Tau verschwinden; man liest ab, bei welchem Thermometerstand dies geschieht. Es wird hier wieder ein kleiner Fehler durch Verspätung des Sehens entstehen, nimmt man aber aus beiden das Mittel, so wird das dem wahren Werte sehr nahe kommen. Ist aller Tau verschwunden, so öffnet man wieder und es bildet sich von neuem Tau. Zieht man aus vielen solcher Proben das Mittel, so wird man dem wahren Taupunkt sehr nahe kommen. Sehr erleichtert wird die Erkennung des Tau-Beschlages, wenn man, wie die Figur zeigt, an dem Stativ noch ein zweites, ganz gleiches Gefäß anbringt, das blank bleibt, während das andre sich mit Tau beschlägt.

Fig. 21.



Es sind noch andre Formen von Hygrometern empfohlen worden, welche ich aber übergehe, weil sie nichts prinzipiell Neues bieten. Die Regnault'sche Einrichtung hat sich durchaus bewährt, und gibt

bei einiger Übung sehr genaue, gut untereinander übereinstimmende Werte.

Hygienische Bedeutung des Taupunkts.

87. Die Kenntnis des Taupunkts kann unter Umständen für die Wetterprognose verwertet werden. Finden wir, dass an einem Sommerabend die Temperatur 12° ist und der Taupunkt bei 10° liegt, so können wir mit ziemlicher Bestimmtheit voraussagen, dass es im Lauf der Nacht regnen wird. Denn im Laufe einer Sommernacht kühlt sich die Temperatur der Luft sicher um 2—3° ab; es ist daher vorauszusehen, dass die Lufttemperatur unter den Taupunkt sinken werde, und dann muss der in ihr enthaltene Wasserdampf sich niederschlagen. Wenn aber sonst keine Anzeichen für Regen vorhanden sind, so können wir weiter schließen, dass am folgenden Tage, wenn die Sonne aufgeht und dadurch die Temperatur wieder steigt, das Wetter sich wieder aufhellen und dass auf den kurzen Nachtregen ein klarer Tag folgen wird.

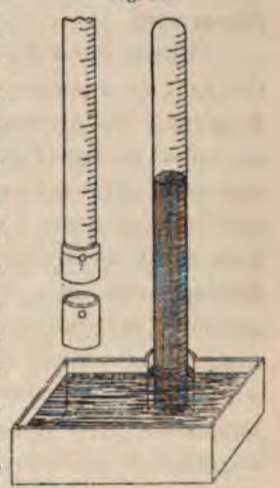
Uns interessiren aber mehr die Beziehungen des Wassergehalts der Luft zu unserm Organismus, besonders zur Wärmeökonomie des Körpers. Je wärmer die Luft ist, desto weniger Wärme werden wir verlieren, ebenso je feuchter die Luft ist. Wenn also die Luft feucht und warm ist, verlieren wir sehr wenig Wärme, wenn sie aber trocken und kalt ist, mehr. Wir müssen aber auch berücksichtigen, dass die Luft durch die Berührung mit unserm Körper erwärmt und dadurch befähigt wird, mehr Wasserdampf aufzunehmen. Am vollständigsten geschieht dies mit der Atemluft, welche bei ihrer Berührung mit der großen, stets feuchten und wegen ihrer geschützten innern Lage warmen Lungenoberfläche sich stark erwärmt und viel Wasserdampf aufnimmt. Wir wissen aus der Physiologie, dass die Ausatmungsluft ungefähr 30—35° warm und für ihre Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist. Atmen wir also kalte Luft ein, so entzieht diese der Oberfläche der Luftwege viel Wasser und viel Wärme. Deswegen wirkt auch kalte und ganz besonders kalte trockne Luft reizend auf die Schleimhäute der Atmungsorgane und kann von Leuten, die mit Krankheiten dieser Organe behaftet sind, schlecht vertragen werden. Viel verwickelter sind die Beziehungen der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit zu unsrer Haut. Auf diese werde ich in einer späteren Vorlesung noch zurückkommen.

Das Atmometer.

88. Aber auch die gleichzeitige Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft genügt noch nicht, um ihren Einfluss auf die Wasserabgabe des Organismus ganz zu übersehen. Offenbar hat auf diesen noch die Bewegung der Luft Einfluss. Wenn

die Luft, nachdem sie eine gewisse Menge von Wasserdampf von der Körperfläche aufgenommen hat, ihren Platz verlässt und durch andre, noch trockne Luft ersetzt wird, so muss dies offenbar die Wasserabgabe vermehren. Darum wird also im Freien der Wind, in Zimmern die aus irgend welchen Gründen vorhandene Stärke der Luftströmungen von Einfluss sein. Es ist daher erwünscht, die hygrometrischen Beobachtungen noch durch solche zu ergänzen, welche über die Geschwindigkeit der Verdunstung, wie sie an einem gegebnen Ort zu gegebner Zeit als die Resultirende aller zusammenwirkenden Momente sich darstellt, Aufschluss verschaffen. Die zu diesem Zweck angewandten Instrumente führen den Namen Atmometer oder Verdunstungsmesser. Eines derselben, das Atmometer von Prestel ist in Fig. 22 dargestellt. Es besteht aus einer flachen Schale von rechteckigem Querschnitt, an deren einer Wand ein zylindrischer Stutzen angefügt ist. In diesen passt ein oben geschlossener, geteilter Glaszylinder, welcher an seinem untern Ende seitlich ein kleines Loch hat, das bei richtiger Einstellung des Zylinders gerade im Niveau der Wasseroberfläche in der Schale liegt. Man füllt den Zylinder ganz mit Wasser, verschließt die Öffnung, stülpt ihn um, bringt ihn an seine Stelle und öffnet das seitliche Loch wieder. Wenn das Wasserniveau in der Schale durch Verdunstung sinkt, dann dringt eine Luftblase in den Zylinder und es tritt ein gleiches Volum Wasser aus demselben aus. Das Wasserniveau bleibt also in der Schale konstant und aus der Menge von Luft, welche in den Zylinder eingetreten ist, kann man unmittelbar die verdunstete Menge ablesen.

Fig. 22.



Bei andern Atmometern z. B. bei dem von Wild wird die verdunstete Wassermenge dem Gewichte nach bestimmt. Wild's Instrument hat die Form einer Briefwage, deren Platte durch eine flache, mit Wasser gefüllte Schale ersetzt ist. In dem Maße, wie das Wasser verdunstet, steigt die Schale, und man kann ihren Gewichtsverlust an einer Skala ablesen.

Alle diese Instrumente sind zunächst für meteorologische Zwecke konstruirt worden. Ihre Verwertung für hygienische Untersuchungen ist bis jetzt eine geringe.

Nieder-schläge.

89. Abgesehen von der direkten Wechselwirkung zwischen der Luft und der Körperoberfläche spielt noch in anderer Beziehung der Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine wichtige hygienische Rolle. Wenn die Feuchtigkeit sich der Sättigung nähert, dann ballen sich die in der Luft vorhandenen Dämpfe zusammen und gehen in den flüssigen Zustand über. Wenn dies in höheren Regionen geschieht, gibt es zur Wolkenbildung Anlass. Wenn die Niederschläge in der Nähe der Erde stattfinden, so ist dies Nebel. Dieser Prozess hängt aber nicht nur von dem Wassergehalt der Luft ab, sondern er wird befördert durch kleine feste Partikelchen, welche in der Luft schweben und um die sich die Dämpfe ballen.

Kühlt man in einem Glase wasserhaltige Luft unter den Taupunkt ab, so wird sich das Wasser an den Wänden niederschlagen, aber die Luft bleibt klar; wenn aber in dieser Luft feine feste Partikelchen schwebend sind, so sieht man, dass jedes dieser Körperchen gleichsam einen Kern bildet, der sich mit dem niederschlagenden Wasser umhüllt und einen Nebeltropfen bildet. Dies geschieht auch im Freien, da dort immer in der Luft fremde Körper suspendirt sind, wie Ruß etc. So spielen diese fremden Körper bei der Nebelbildung eine Rolle und wir können uns erklären, warum in manchen Gegenden, die reich an Wasserdampf sind und wo viele solche Körperchen in der Luft enthalten sind, die Nebel viel häufiger sind als an anderen Gegenden, wo solche Bedingungen nicht gegeben sind. Ein solcher Niederschlag von Flüssigkeit, der gleichsam um einen festen Kern sich gebildet hat, ist natürlich schwerer als die Luft, denn es handelt sich nicht mehr um Wasserdampf, sondern um feste Körperchen mit einer flüssigen Hülle. Wenn sie trotzdem so lange schwebend sich erhalten können, so ist ihre geringe Größe und der Widerstand, den sie beim Fallen in der Luft erfahren, daran schuld. Sie sinken aber langsam und fließen zusammen, wenn die Luft noch weiter abgekühlt wird, und bilden den Regen. Damit kommen die in der Luft suspendirten Teile wieder zu Boden. Es ist wahrscheinlich, dass neben den hygienisch weniger bedeutsamen Rußteilchen u. d. g. auch spezifische Krankheitserreger in der Luft schwebend vorhanden sind. Wenn z. B. die Sputa eines Tuberkulosen fortgeworfen werden, so trocknen sie ein und die in denselben enthaltenen Bacillen oder ihre Dauersporen werden mit dem Staub in die Luft erhoben und können mit dem Regen wieder zurück auf die Erde kommen. Ob damit die Häufigkeit der Tuberkulose zusammenhängt, ist nicht erwiesen. Aber es ist wol möglich, dass die von uns früher erwähnten Beziehungen zwischen

Tuberkulose und Bodenbeschaffenheit auf diese Weise zu erklären sind. Denn feuchter Boden kann vielleicht zu einer größeren Vermehrung der Keime führen, und wenn dort häufig Nebel entstehen, so wird die Gelegenheit zu immer wiederkehrenden neuen Infektionen erheblich vermehrt sein. Was vom Tuberkulosenkeim gilt, gilt auch von anderen Keimen und so eröffnet sich eine Aussicht, welche zwischen dem Wassergehalt des Bodens und der Atmosphäre und gewissen Krankheitserscheinungen einen Zusammenhang aufdecken könnte.

90. Ob Niederschläge von Wasserdampf aus der Atmosphäre erfolgen, das hängt hauptsächlich davon ab, dass in den höheren Luftschichten, wo die Temperatur geringer ist als in der Nähe des Bodens, die Bedingungen zur Übersättigung mit Wasserdampf eintreten. Hat sich dort eine Wolke gebildet, so wird es nur einer kleinen Verringerung der Temperatur bedürfen, um Regen zu bewirken. Es kann uns daher nicht wundern, dass die Häufigkeit des Regens örtlich und zeitlich so sehr verschieden ist. Binnenländer, die weit von großen Meeren entfernt sind, sind trockener als Küstenstriche. Aber nicht dies allein, sondern die fortwährende Bewegung der Luft durch die Winde hat Einfluss. Wenn wir darauf Rücksicht nehmen, so können wir sagen, dass für unsere Gegend, die in der Mitte zwischen dem großen östlichen Festland und dem großen Ozean liegt, die Windrichtung den Einfluss hat, dass die West- und Südwestwinde uns mehr Feuchtigkeit zuführen, die Nord- und Nordostwinde mehr trockene Luft. In anderen Gegenden kann das aber anders sein, und besonders kommt es dabei auf Gebirgszüge an, welche die Einflüsse des Windes vollständig aufheben oder in ihr Gegenteil verkehren können.

Einfluss der Winde.

Ein sehr lehrreiches Beispiel hiervon werden wir später kennen lernen an dem Föhn der Alpen. Ein andres bietet die südwestliche Küste von Irland. Diese und die entsprechende Küste von England haben ein sehr mildes Klima, sie sind viel wärmer als die in der gleichen Breite liegenden Teile des übrigen Europas. Dies hat seinen Grund in der Nähe des Meeres, aber ganz besonders in dem Golfstrom, der aus dem Golf von Mexico kommend an der Südwestküste von England und Irland anprallt, dort sich in zwei Teile teilt, deren einer nach der norwegischen Küste, der andere nach der Westküste von Frankreich zieht und wieder in den Hauptstrom zurückmündet. Der Golfstrom nun macht, dass die Küste immer sehr warm ist, so dass Wasser reichlich verdunstet und dass dort die Luft immer außerordentlich reich an Wasserdampf ist. Ein über den atlantischen Ozean streichender, warmer und sehr feuchter Südwestwind stößt im Süden von Irland

auf die Berge von Kerry. Dieser niedrige Höhenzug bewirkt eine vollständige Scheidung zwischen den südlich von ihm gelegenen Teilen und den nördlichen. Die Winde lassen an dem Südabhang des Gebirges ihre Feuchtigkeit in Gestalt von starken Regenschauern niederfallen, so dass es in den südlichen Teilen sehr häufig regnet und das Land dort eine üppige Grasvegetation zeigt. Unmittelbar hinter dem Gebirge dagegen ist ein regenarmer Strich, wo deshalb auch die Vegetation einen ganz anderen Charakter hat.

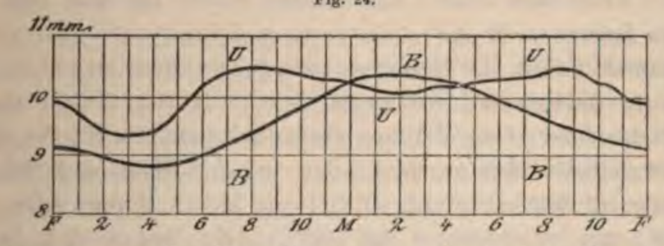
Regenmenge. **91.** Die Gesamtheit der Bedingungen, von welchen an einem bestimmten Ort das Entstehen vnn Niederschlägen abhängt, lässt sich sehr anschaulich ausdrücken durch die Zahl der Regentage (bzw. Tage mit Schneefall) und der vollkommen trocknen Tage, welche durchschnittlich im Jahr vorkommen. Noch genauer aber wird sie bestimmt durch Messung der Wassermenge, welche im Laufe eines Jahres in Gestalt von Regen, Schnee oder Hagel aus der Luft niederfällt. Stellen Sie sich vor, dass man all das Wasser, das auf einen gewissen Raum fällt, sammelt; wenn nichts abfließen und verdunsten kann, so müsste sich am Schluss eines Jahres eine Wassermenge angesammelt haben, die einen See von x cm Höhe darstellte. Dies nennen wir die Regenhöhe des betreffenden Ortes. Um sie zu bestimmen verfährt man so: Man stellt an einem freien Ort, nicht zu nahe an Gebäuden ein Gefäß von einem gewissen Querschnitt auf und fängt den Regen in demselben auf. Wenn wir sicher wären, dass nichts verloren ginge, würde das Gefäß nur 1 Jahr lang stehen gelassen werden müssen, um zu sehen, wie hoch das Wasser in demselben steht. Da dies nun nicht möglich ist, so hilft man sich, indem man das Gefäß unten trichterförmig verengert und es auf ein zweites aufsetzt, so dass alles einfallende Wasser durch die enge Öffnung in das untere Gefäß fließt und dort stehen bleibt. Hier wird es wenig verdunsten, weil es mit der Atmosphäre nur durch die enge Öffnung kommunizirt. Einen solchen Regenmesser stellt Fig. 23 dar. Jeden Tag muss man das Wasser auslassen und mittels des beigegebenen Messzylinders messen. Addirt man die so gefundenen Zahlen, so hat man die gesamte Regenmenge im Lauf eines Jahres. Fällt in einen so konstruirten Regenmesser Schnee, so muss man denselben schmelzen, um ihn dann zu messen. Man hat daher zwei solche Gefäße, welche abwechselnd aufgestellt werden. Die Menge von Regen, welche auf ein Land fällt, gibt also eine Vorstellung über die Gesamtsumme der Niederschläge. Es zeigen sich dabei die größten Differenzen je nach der Gegend. In Berlin beträgt die Regenhöhe 594 mm im Jahre;

Fig. 23.

die größte (70 mm) fällt auf den Juli, die kleinste (40 mm) auf den Januar und September. Die Zahl der Tage mit Niederschlägen beträgt im Jahr 166; sie sind fast gleichmäßig über das Jahr verteilt; 2 Monate (September und Oktober) haben 12 Regentage, 3 Monate 13, 3 Monate 14, 3 Monate 15 und 1 Monat (Dezember) 16, von denen 6 Schnee- und 10 Regentage sind. In London, dessen Gesamtregenhöhe 623,4 mm beträgt, fällt der meiste Regen (63 mm) im Oktober, der wenigste (33,3 mm) im März; die Zahl der Regentage ist 168 im Jahre. Für Valentia, im Südwesten von Irland, ist die Regenhöhe 1520 mm, die Zahl der Regentage 235.

92. Zum Schluss dieser Betrachtungen bitte ich sie noch einen Blick auf diese Diagramme (Fig. 24) zu werfen, welche ich aus des Dänen Mohn Lehrbuch der Meteorologie entlehnt habe. Sie stellen Periodische Veränderungen der Feuchtigkeit.

Fig. 24.



die Schwankungen des Dampfdruckes im Lauf eines Tages an zwei Orten dar, von denen der eine (Bergen) am Meere, der andre (Upsala) mitten im Lande liegt. In Bergen ist Mittags zwei Uhr das Maximum, Morgens 4 Uhr das Minimum des Wasserdampfgehalts. Ersteigt und sinkt also mit der Temperatur. Da Wasser reichlich vorhanden ist, so verdampft immer eine der Lufttemperatur proportionale Menge. Im Inneren des Landes in Upsala zeigt sich solche Regelmäßigkeit nicht. Dort gibt es zwei Maxima und zwei Minima. Mittags sinkt der Dampfdruck etwas zu einer Zeit, wo er in Bergen sein Maximum hat. Die Jahreskurven dagegen verhalten sich in ihrem Verlauf an beiden Orten fast ganz gleich. In der heißesten Zeit ist der höchste, in der kältesten Zeit der niederste Dampfdruck vorhanden, nur sind die Schwankungen in Upsala etwas größer als in Bergen.

Zwölfte Vorlesung.

Der Luftdruck.

Einfluss auf die absolute Menge des Sauerstoffs. — Verdünnte Luft in großen Höhen. — Einfluss der Geschwindigkeit der Druckverminderung. — Wirkung verdichteter Luft. — Wasserbauten. — Störungen am Gehörorgan. — Allgemeinschädlichkeit höheren Drucks.

Einfluss auf die absolute Menge des Sauerstoffs.

93. Wir haben schon bei der Besprechung des Wasserdampfs gelegentlich auf die physikalischen Zustände der Luft Rücksicht nehmen müssen. Aber auch auf die anderen Wechselwirkungen zwischen Luft und Menschen hat nicht bloß ihre chemische Zusammensetzung, sondern auch der Luftdruck, die Temperatur, der Zustand der Bewegung Einfluss. Wir wollen unsre Untersuchung dieser Einflüsse mit dem Luftdruck beginnen.

Bekanntlich ist der Barometerstand kein konstanter, sondern schwankt sowohl im Lauf des Tages als des Jahres. Wenn wir aus diesen Schwankungen das Mittel ziehen, so bekommen wir für jeden Ort einen mittleren Luftdruck, welcher von der Höhenlage abhängt: Im Niveau des Meeres beträgt er 760 mm Hg, und vermindert sich regelmäßig mit der Erhebung des Bodens. Nun hat dieser Luftdruck offenbar einen Einfluss auf die absolute Menge von Sauerstoff, Stickstoff etc., die in einem gegebenen Luftvolumen enthalten sind. Wir haben in 1 cbm Luft $^1/_5$ Sauerstoff; denken wir uns, dass diese Luft verdünnt wird auf die Hälfte oder verdichtet auf das Doppelte des Drucks, so würde die Luft im ersteren Fall sich ausdehnen bis auf 2 cbm, im andern Falle zusammengepresst werden auf den Raum eines halben cbm, aber die absolute Menge des in ihr enthaltenen Sauerstoffs würde unverändert bleiben. Daher ist in einem Kubikmeter Luft auf dem Gipfel des Montblanc nur etwa halb so viel Sauerstoff als am Rande des Meeres; und wenn ein Mensch in beiden Fällen gleichviel einatmen will, dann muss er oben das doppelte an Volumen einatmen wie unten. Freilich ändert sich mit der in die Lungen ein- und aus denselben austretenden Luftmenge nicht auch die vom Blute aufgenommene Sauerstoffmenge in gleichem Verhältnis. Denn da die Aufnahme des O durch das Hämoglobin vom Druck fast unabhängig ist, so kann der Mensch selbst bei einem Druck von

$^1/_2$ Atmosphäre noch sein Atembedürfnis vollkommen befriedigen. Und ebenso nimmt er beim doppelten Atmosphärendruck nicht doppelt so viel Sauerstoff auf. Die Unabhängigkeit der Sauerstoffaufnahme vom Druck würde sich noch besser geltend machend können, wenn nicht die Zeit, während welcher das Blut in den Lungenkapillaren mit der sauerstoffhaltigen Luft in Berührung ist, zu kurz wäre, um den Diffusionsausgleich vollkommen zu Ende zu führen.

Verdünnte Luft in grossen Höhen.

94. Eben darum sind so starke Luftverdünnungen, wie sie z. B. bei Luftballonfahrten erreicht worden sind, schon lebensgefährlich. Am bekanntesten ist in dieser Beziehung die Luftfahrt der Herren Sivel, Croce Spinelli und Tissandier vom 15. April 1875, bei der die beiden ersten starben und der dritte nur mit knapper Not dem Tode entging. Der Ballon erreichte eine Höhe von 8600 m. Der niedrigste Barometerstand, welchen Tissandier ablas, war 280 mm (etwas über $^1/_3$ Atmosphäre). Da verließ ihn die Besinnung. Als er wieder erwachte, waren seine Gefährten tot; aus ihren offenen Munden floss Blut.

Solche hochgradige Luftverdünnung und die in entgegengesetzter Richtung vorgehende starke Verdichtung in tiefen Bergschachten können also wesentliche Einwirkungen auf den Organismus ausüben. Bekannt ist die eigentümliche Bergkrankheit — *Mal de montagne* — welche die Reisenden befällt, wenn sie in sehr hohe Luftregionen gelangen. Es zeigt sich Schwäche, Ermüdung der Muskeln, Schwindel, Ohrensausen, zuweilen dringt Blut aus Ohren und Nase; es treten Ohnmachten auf und viele sind in Folge dessen außer Stande die Bergbesteigung zu vollenden. Viel trägt zu diesem Übelbefinden die Kälte bei, welche dort herrscht und eine starke Abkühlung des Körpers bewirkt, um so mehr als höher oben heftiger Wind weht; aber auch das bloße Sinken des Luftdrucks muss einen Einfluss haben.

Einfluss der Geschwindigkeit der Druckverminderung.

95. Aus Versuchen, welche man zur Aufklärung dieser Verhältnisse angestellt hat, ergibt sich, dass nicht nur der Grad der Luftverdünnung, sondern noch viel mehr die Geschwindigkeit ihres Eintritts von Bedeutung ist. Bringt man ein Tier unter die Luftpumpe und pumpt die Luft aus, so stirbt das Tier, aber erst bei sehr starker Verdünnung der Luft, wo zu wenig Sauerstoff da ist. Verdünnt man die Luft auf die Hälfte ihres ursprünglichen Druckes, dann kann das Tier sehr lange leben; eine Verdünnung bis zu diesem Grade ist an und für sich ganz und gar nicht schädlich. Dagegen hat Hoppe-Seiler nachgewiesen, dass es dabei sehr ankommt auf die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft verdünnt wird; wenn man die Verdünnung

schnell vornimmt, so stirbt das Tier oft ganz plötzlich. Hoppe-Seiler hat nun die Vermutung aufgestellt, dass durch plötzliche Verminderung des Luftdrucks die Gasspannung im Inneren des Blutes zum Austreten von Gasen aus dem Blute führt. Bekanntlich ist von den Blutgasen der Sauerstoff zum größten Teil, die Kohlensäure etwa zur Hälfte an Blutbestandteile chemisch gebunden. Der Rest beider und der ganze, freilich nur in geringer Menge vorhandene, Stickstoff sind absorbirt und folgen dem Henry-Dalton'schen Gesetz. Wird der Luftdruck herabgesetzt, so kann dieser Teil der Gase nicht mehr absorbirt bleiben, sondern muss luftförmig entweichen. Geschieht dies langsam, so werden die Gase durch die Wände der Gefäßkapillaren hindurch treten, wenn aber schnell, so müssen sich in den Blutgefäßen Luftbläschen bilden, welche sich im rechten Ventrikel ansammeln und von da aus in die Kapillaren der Lunge gelangen. Nun ist es eine bekannte Erscheinung, dass, wenn in einem engen Gefäß sich Flüssigkeit unterbrochen mit Luft bewegt, dadurch ein ganz abnorm großer Widerstand entsteht. Solche Luftbläschen also können die Zirkulation im Lungenkreislauf so behindern, dass dadurch eine Erstickung zu Stande kommen kann. Auf dieselbe Weise erklärt man auch die tötlichen Folgen, welche das Eindringen von Luft in die Venen bei Operationen oft hat. Zwar ist diese Erscheinung des plötzlichen Todes bei Lufteintritt noch nicht genügend aufgeklärt; denn es kommen bei eigens nach dieser Richtung an Tieren angestellten Versuchen auffallende Schwankungen vor, indem bei großen Mengen von eingedrungener Luft die Versuchstiere oft gesund bleiben, während in anderen Fällen schon eine geringere Menge von Luft genügt, den Tod herbeizuführen. Offenbar müssen auch verschiedene Tiere sehr verschieden empfindlich gegen Schwankungen des Luftdrucks sein. Wenn ein Adler vom Fuß der Anden sich bis zum Gipfel erhebt, so ist die Größe und Geschwindigkeit der Änderung in der Luftdichte wol eben so groß, wie diejenige, welche in den Versuchen an Kaninchen tötlich werden kann.

Solche plötzliche Verdünnungen kommen aber sehr selten vor. Ein Aufstieg auf den Montblanc dauert sehr lange; also wenn man von der Bergkrankheit spricht, so ist die plötzliche Verdünnung außer Rechnung zu setzen und das Übelbefinden hängt teilweise von anderen Umständen ab, wie Abkühlung, Ermüdung etc. Dass aber die Luftverdünnung ebenfalls eine Rolle spielt, darauf deutet schon die auftretende Blutung. Offenbar ist hier der Druck in den Gefäßen nicht in gleicher Weise gesunken, wie in der Umgebung und so sind die Gefäße strotzender gefüllt und es kommen kleinere Zerreissungen zu

Stande. Beim raschen Aufsteigen im Luftballon kommt wegen des plötzlichen Wechsels in verdünnte Luft das Übelbefinden leichter zu Stande.

96. Über die Wirkung abnorm höheren Luftdrucks ist mehr Erfahrung gesammelt worden, weil die Luftverdichtung zu technischen Zwecken öfter vorkommt. Nicht blos in tiefen Bergschachten, sondern vorzugsweise unter Wasser bei der Taucherglocke und ähnlichen Vorrichtungen leben Menschen in Luft von höherem Druck als 760 mm Hg. Versenkt man eine oben geschlossene Glocke in Wasser, so tritt dasselbe von unten in den Glockenraum ein und komprimirt die darin enthaltene Luft. Bei einer Wassertiefe von 10 m würde das Wasser die untere Hälfte der Glocke einnehmen, und die darüber befindliche Luft würde unter einem Druck von 2 Atmosphären stehen. Will man das Eindringen des Wassers ganz verhüten, damit die Leute auf dem Boden des Meeres arbeiten können, so muss man die Luft in dem Maße, wie es die Tiefe des Wassers verlangt, von außen her komprimiren. Bringt man nämlich die Glocke mit einer Pumpe in Verbindung und komprimirt die Luft auf 2 Atmosphären, so wird die Luft bei einer Tiefe von 10 m Wasser denselben Raum einnehmen, den sie ursprünglich bei einer Atmosphäre hatte, es wird also kein Wasser eindringen können.

Wirkung verdichteter Luft.

Die einfache Taucherglocke wird heutzutage nur noch selten benutzt. An ihre Stelle ist eine Einrichtung getreten, die dasselbe in besserer Weise leistet. Die Menschen nämlich, die unter Wasser arbeiten sollen, werden bis zum Hals in einen wasserdichten Kautschukanzug gesteckt, auf dem ein Helm, mit durchsichtigem Glasverschluss versehen, befestigt ist. Innerhalb dieses den Kopf einhüllenden Helmes nun wird die Luft komprimirt; dann atmet der Mensch diese komprimirte Luft, während sein übriger Körper in Wasser ist. Die Schuhe des Tauchers sind mit Bleisohlen versehen; auf dem Rücken hat er ein Blechgefäss, welches stark genug ist, um den Wasserdruck auszuhalten, und als Luftreservoir dient. Dieses ist zunächst mit einem Rohr versehen, durch welches Luft eingepumpt wird. Ferner ist ein Ventil angebracht, bestehend aus einem Rohr über welches ein dünner Kautschukschlauch geschoben ist. Dieser wird durch das Wasser zusammengepresst, ist aber innen der Druck stärker als außen, so entweicht der Überschuss in Form von Blasen durch das Wasser. Von diesem Gefäß geht ein Rohr ab, in das Innere des Helms zu einem Mundstück durch welches der Mensch atmet, so dass er komprimirte Luft ansaugt, während der Überschuss der Exspirations-

luft durch ein zweites Ventil entweichen kann. Auch hier ist also der Druck der Atmungsluft stets so hoch zu halten, dass er den Wasserdruck noch etwas übersteigt; für jede 10 m Wassertiefe muss also der Druck um rund eine Atmosphäre gesteigert werden.

Wasserbauten. 97. In ähnlichen Verhältnissen wie bei der Taucherglocke befinden sich die Menschen bei Arbeiten unter Wasser, wie sie besonders zur Fundamentirung von Brückenpfeilern angewandt worden sind. Diese hydraulischen Einrichtungen bestehen aus starken Eisenkästen, welche oben geschlossen und unten offen sind. Diese werden gerade so, wie die Taucherglocke auf den Boden des Wassers gelassen und stehen oben mit starken Pumpen in Verbindung, so dass der Druck der Luft groß genug ist, um das Hineindringen von Wasser zu verhindern. Da solche Arbeiten nicht blos einfach auf dem Boden des Wassers gemacht werden, sondern tiefe Einsenkungen in denselben erfordern, so lässt man den Kasten in dem Maße, wie die Grube tiefer wird, nach und nach hinunter. Wenn ein solcher Kasten unter Wasser gebracht und die Luft in ihm so weit als notwendig komprimirt ist, so würde bei jeder Öffnung des Kastens, wie sie doch für das Ein- und Aussteigen der Arbeiter von Zeit zu Zeit erfolgen muss, die Luft entweichen und das Wasser eindringen. Diesem Übelstand wird abgeholfen dadurch, dass über dem Arbeitsraum ein zweiter Hilfsraum sich befindet, welcher mittels einer Fallthür in Verbindung mit dem anderen Raum gesetzt werden kann, während eine zweite Fallthür nach außen sich öffnet. Die Arbeiter steigen durch die letztere Thür und schließen sie luftdicht ab; dann wird die Luft in dem unteren und oberen Raum komprimirt. Wenn der Luftdruck auf den nötigen Grad gekommen ist, dann kann man die Verbindungsthür zwischen Vorraum und Arbeitsraum öffnen, ohne dass eine Spur von Wasser eindringen kann; denn der Luftdruck ist gleich dem Wasserdruck. Die Arbeiter gehen dann in den zweiten Raum und schließen hinter sich die Thür. Nach einigen Stunden, wenn sie abgelöst werden, lässt man zuerst die Luft aus dem Vorraum entweichen. Die neuen Arbeiter gehen hinein und schließen hinter sich die äußere Thür. Jetzt wird die Luft im Vorraum von neuem komprimirt, bis sie auf dieselbe Dichtigkeit gebracht ist wie die im Arbeitsraum. Dann können sie die zweite Klappe öffnen und in den zweiten Raum steigen, während gleichzeitig die ersten Arbeiter herauskommen. Man hat also bei jeder Arbeiterschicht drei Stadien zu unterscheiden: 1) Aufenthalt im Vorraum; die Luft wird allmählich bis auf den erforderlichen Grad komprimirt. 2) Aufenthalt und Arbeit im Arbeits-

raum bei dem hohen Druck. 3) Aufenthalt im Vorraum; der Luftdruck geht wieder allmählich auf den Atmosphärendruck zurück, worauf die abgelösten Arbeiter den Vorraum verlassen.

Diese Arbeiten sind sehr angreifend und von einer Reihe von Störungen des Wohlbefindens begleitet. Einige dieser Störungen hängen nicht unmittelbar von dem hohen Luftdruck ab, sondern von Nebenumständen: Die Luft ist meistens in den Räumen sehr warm und dabei vollkommen mit Wasserdampf gesättigt; sie kann auch, wenn die Ventilation eine ungenügende ist, schädliche Beimengungen enthalten. Was die Störungen anlangt, welche unmittelbar vom Luftdruck abhängen, so treten sie um so milder auf, je allmählicher die Änderungen des Luftdrucks im ersten und dritten Stadium sind. Darum muss man diese Übergänge langsam vor sich gehen lassen, und da die Arbeiten an und für sich anstrengend sind, für einen öfteren Schichtwechsel Sorge tragen. Auch ist die Luftzufuhr so reichlich zu bemessen, dass während der ganzen Arbeitszeit eine kräftige Ventilation des Arbeitsraums unterhalten wird.

Störungen am Gehörorgan.

98. Die auftretenden Störungen bestehen hauptsächlich in Mattigkeit, Schwindel, Gefühl von Druck im Kopf, Blässe und Appetitlosigkeit, vor allem aber in Ohrensausen, Blutungen aus dem Gehörgang, Schwerhörigkeit, welche selbst nach dem Verlassen der Arbeitsstätte noch lange anhalten können. Diese Störungen hängen mit den eigentümlichen Verhältnissen des Mittelohrs zusammen. Der äußere Gehörgang ist abgeschlossen durch das Trommelfell vom Mittelohr. Dieses hängt mit der Rachenhöhle durch die Tube zusammen. Die knorpelige Mündung der Tube ist in der Regel geschlossen. Die Luft in der Paukenhöhle ist daher abgeschlossen, kann aber mit der Rachenhöhle und so mit der äusseren Luft kommuniziren, sobald sich die Tube öffnet. Der knorplige Teil der Tube dient zweien Muskeln zum Ursprung: dem M. levator palati mollis s. petro-salpingo-staphylinus, welcher das Gaumensegel hebt, und dem M. tensor palati mollis s. spheno-salpingo-staphylinus, welcher das Gaumensegel seitwärts spannt. Gleichzeitig aber üben beide einen Zug auf die Tube aus und öffnen sie, indem sie die laterale und mediale Wandung der Tube von einander entfernen. Die im Laufe des Tages öfter eintretende Öffnung dieses Verbindungswegs macht, dass die Luft in der Paukenhöhle immer ungefähr auf demselben Druck bleibt, wie die äußere Atmosphäre. Kann dies nicht geschehen, z. B. wenn die Tube wegen katarrhalischer Schwellung ihrer Schleimhaut trotz der Eröffnung ihrer Mündung verschlossen bleibt, dann tritt in der Trom-

melhöhle etwas ein, was man bei allen geschlossenen Höhlen wiederfindet, nämlich, dass der Luftdruck sinkt: In der Schleimhaut befinden sich Blutgefäße; das Blut hat eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff und absorbirt denselben, und wenn die Höhle abgeschlossen ist, so wird der Luftdruck um den Druck des entzogenen Sauerstoffs geringer werden. Der Luftdruck im äußeren Gehörgang muss dann Überdruck bekommen, das Trommelfell wird nach innen gepresst, und dieser starke Druck, welcher durch die Gehörknöchelchen auf das innere Ohr übertragen wird, ist der Grund des Ohrensausens. Wenn umgekehrt der Luftdruck im äusseren Gehörgang sinkt, so wird das Trommelfell nach auswärts gezogen, was wegen der lockern Verbindung des Hammer und Ambosgelenkes viel weniger auf das innere Ohr einwirkt, aber das Hören erschwert. Diesen Übelständen kann man abhelfen, sobald man für eine Ausgleichung des Druckes sorgt, was aber natürlich nur bei gut durchgängiger Tube möglich ist. Daher ist es auch leicht zu verstehen, warum die Störungen bei verschiedenen Leuten so ungleich ausfallen. Kommt ein Arbeiter in diese Verhältnisse, welcher z. B. in Folge sehr starken Rauchens an chronischem Rachenkatarrh, der sich auf die Tubenschleimhaut fortgepflanzt hat, leidet, so nützen ihm die Schluckbewegungen nichts und er leidet sehr stark unter dem Überdruck. Ist aber die Tube wegsam und kann durch Schluckbewegungen der Druck ausgeglichen werden, so wird die Einwirkung des Überdrucks keine schädliche sein.

Allgemeinschädlichkeit höheren Drucks.

99. Zum Verständnis der Allgemeinwirkungen höheren Luftdrucks können wir auf die Untersuchungen des französischen Physiologen Paul Bert, eines Schülers von Claude Bernard verweisen, welcher neuerdings in Tonkin, wo er als Minister-Resident der französischen Republik weilte, den Unbilden des dortigen Klimas erlag. Bert hat gefunden, dass Sauerstoff, dieses zum Leben aller Organismen absolut notwendige Gas, in zu großer Menge schädlich wirkt. Er wies nach, dass die niederen Organismen, Spaltpilze etc. bei einer Kompression von drei Atmosphären ihre Vegetation einstellen und steril werden. Er brachte ferner Tiere in luftdicht abgeschlossene Behälter mit Gasgemengen von verschiedenem Sauerstoffgehalt und verschiedenem Druck. Wenn wir ein Tier in einen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Raum bringen und diesen luftdicht absperren, so muss es ersticken. Untersuchen wir die Zusammensetzung der Luft im Moment des eingetretenen Todes, so finden wir, dass der größere Teil des Sauerstoffs in diesem Raum verbraucht worden ist, und wir schließen daraus, dass das Tier erstickt sei, weil der Sauerstoff nicht mehr genügte. Die

Menge des dieser Weise verbrauchten Sauerstoffs hängt jedoch davon ab, ob der Raum, in welchem sich das Tier befindet, in Vergleich zum Tiere groß oder klein ist. Nehmen wir einen kleinen Raum, so finden wir die Luft bis auf $^1/_3$ ihres ursprünglichen Sauerstoffgehalts reduzirt und da wir aus anderen Versuchen wissen, dass eine solche Luft das Leben nicht unterhalten kann, so ist es klar, dass das Tier gestorben sein muss an Sauerstoffmangel, weil es eben die Luft bis zu diesem niederen Sauerstoffgrad heruntergebracht hat. Wenn aber ein Tier unter einer großen Glocke ebenfalls luftdicht abgeschlossen nach einiger Zeit stirbt, so tritt der Tod schon ein, ehe der vorhandene Sauerstoffvorrat bis zu dieser Grenze verbraucht ist. Der Tod ist in diesem Fall die Folge einer Kohlensäureintoxikation. In dem abgesperrten Raum häuft sich die vom Tier abgeschiedene Kohlensäure so lange an, bis ihr Partialdruck eine weitere Abscheidung aus dem Blut nicht mehr gestattet. Da aber immer noch Kohlensäure in den Organen gebildet wird, so muss sich diese im Blut anhäufen. Diese Versuche und ihre Erklärung rühren von Wilhelm Müller (jetzt Professor der pathologischen Anatomie in Jena) her und sind von andern bestätigt worden.

Kehren wir nun zu den Versuchen von Bert zurück. Wenn derselbe Tiere in kleine Glocken verschloss aber bei erhöhtem Druck, so fand sich nach dem Tode des Tiers noch reichlich so viel Sauerstoff vor, dass der Tod nicht dem Sauerstoffmangel zugeschrieben werden konnte. War der Druck sehr hoch (15 Atmosphären), so starben die Tiere sehr schnell unter Convulsionen. Bei Anwendung reinen Sauerstoffs genügte schon ein Druck von 3 Atmosphären. Auch die Kohlensäure konnte in diesem Falle nicht Schuld an dem Tode sein, denn er trat ein lange, ehe eine hierzu ausreichende Kohlensäuremenge abgeschieden war. Also hat man es mit einer giftigen Wirkung des im Übermaß vorhandenen Sauerstoffs zu thun.

Bei den Taucherglocken und Wasserbauten kommen so hohe Drucke nicht vor. Abgesehen von den Störungen am Ohr sind vielleicht die schon erwähnten Nebenumstände mehr Schuld an den Störungen als der Druck. Aber wenn ein Druck von 15 Atmosphären in kurzer Zeit tötet, so kann doch vielleicht ein geringerer krank machen, wie eine wiederholte kleine Giftdosis Krankheit erzeugen kann, wo eine einmalige große Dosis den Tod herbeiführt.

Dreizehnte Vorlesung.

Die Temperatur der Luft.

Die Temperatur ist nicht konstant. — Tagesschwankungen. — Jahresschwankungen und mittlere Tagestemperatur. — Maximum- und Minimumthermometer. — Jahresmittel. — Jahreszeiten. — Kontinental- und Seeklima.

Die Temperatur ist nicht konstant.

100. Die Temperatur hat auf die Zusammensetzung der Luft einen Einfluss in sofern, als mit der Erhöhung der Temperatur die Luft dünner, also die absolute Menge Sauerstoff in einem gegebenen Volumen geringer wird. Diese Veränderungen können wir als geringfügig vernachlässigen. Die physikalische Einwirkung der Temperatur ist aber eine wichtige in sofern, als bei hohen Temperaturen der Körper wenig von der in seinem Innern erzeugten Wärme verliert, dagegen umgekehrt bei niedriger Temperatur mehr. Nun ist zwar eine Regulirung vorhanden, vermöge welcher der Organismus der sogenannten Warmblüter seine Eigenwärme nahezu konstant erhält. Aber das hat seine Grenzen und es gibt Maximaltemperaturen, wo der Mensch leidet, weil er nicht genug Wärme verliert, und minimale, wo er zu viel verliert. Abgesehen davon haben die Temperaturschwankungen auch sonst auf unser Befinden Einfluss. Es ist ganz unzweifelhaft dass gewisse Krankheiten häufiger sind in kalten, andere in warmen Jahreszeiten. Dieser Zusammenhang ist häufig ein verwickelter. Wenn z. B. Erkrankungen des Darmkanals bei Säuglingen in den heißen Monaten häufiger eintreten, weil die Milch da leichter Säure bildet, so ist das ein indirekter Einfluss der Lufttemperatur. Dasselbe gilt von einer stärkeren Zersetzung faulender Stoffe bei höheren Temperaturen, durch welche der Luft schädliche Emanationen in höherem Grade beigemengt werden können. Wenn aber solche faulende Stoffe, aus denen Schädlichkeiten sich entwickeln könnten, nicht vorhanden oder nur in geringer Menge vorhanden sind, wird die Temperatursteigerung unschädlich sein. Wir können uns deshalb nicht wundern, dass vielfache Ausnahmen von jenen allgemeinen Erfahrungen vorkommen, dass z. B. in einem Jahre oder an einem Orte eine beträchtliche Zunahme der Erkrankungen mit einer hohen Temperatur zusammenfällt, zu anderen Zeiten und an anderen Orten eine solche Übereinstimmung aber gänzlich fehlt.

Derartige Beziehungen der Lufttemperatur zu den Gesundheitszuständen werden wir gelegentlich noch zu erwähnen haben; wobei

freilich zu bemerken ist, dass sie selten so weit erforscht und erkannt sind, um ganz klare Ergebnisse mitteilen zu können.

Es gibt aber auch ganz direkte Einwirkungen der Lufttemperatur auf den menschlichen Organismus. Und vornehmlich sind von physiologischer und hygienischer Bedeutung mehr noch als die Temperatur der Luft selbst die Schwankungen, denen diese Temperatur fortwährend ausgesetzt ist. Die Schwankungen sind ungleich an den verschiedenen Orten der Erde. In den Tropen, wo die Insolation eine starke ist und wo daher die Erdoberfläche sich so erwärmt, dass sie der Luft viel Wärme mitteilt, tritt die Abkühlung ziemlich schroff gegen Abend ein; es finden hier verhältnismäßig starke Tagesschwankungen statt, dagegen sind die Temperaturen an den einzelnen Tagen des Jahres wenig von einander verschieden. Das Umgekehrte gilt für höhere Breitegerade. Je weiter wir uns vom Äquator entfernen, um so geringer wird der Einfluss der Insolation im Laufe eines Tages, und der Gang der Temperatur kann durch andere Umstände so beeinflusst werden, dass die Einwirkung des Sonnenstandes kaum noch merkbar ist. Wenn wir jedoch die Temperatur an einer großen Zahl von Tagen messen, gleichen sich diese zufälligen Umstände aus und wir erhalten so einen Einblick in den Gang der Temperatur im Laufe des Tages bezw. des Jahres. Wir sprechen deshalb von „Tagesschwankungen“ und von „Jahresschwankungen“ der Temperatur für einen bestimmten Ort.

101. Betrachten wir einen Teil der Erdoberfläche, welcher gleichzeitig von der Sonne beschienen ist, so wird zunächst die Erde erwärmt und durch diese dann auch die Luft. Da aber gleichzeitig auch Wärme durch Ausstrahlung abgegeben wird, so wird nicht die ganze Wärme als Steigerung der Temperatur bemerkbar werden, sondern es wird nur dann eine Steigerung stattfinden, wenn die Wärmeaufnahme größer ist als die Wärmeabgabe. Nun hängt erstere ab von dem Neigungswinkel, unter dem die Sonnenstrahlen auffallen. Morgens ist derselbe spitz und so kann es vorkommen, dass die Temperatur, trotzdem die Sonne schon scheint, noch etwas sinkt. Wenn aber die Sonne sich etwas mehr über den Horizont erhebt, so wird ihre wärmende Wirkung stärker, und es muss bald dahin kommen, dass die Lufttemperatur zu steigen beginnt und dann regelmäßig ansteigt, bis sie ein Maximum erreicht hat. Dies wird nicht zusammenfallen mit dem höchsten Stand der Sonne, sondern später eintreten. Denn in der Zeit von 11—12 Uhr ist die Temperatur gestiegen, weil mehr Wärme aufgenommen wurde als abgegeben. Von

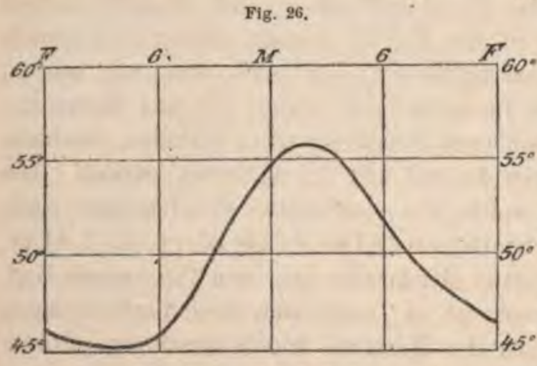
Tagesschwankungen.

12—1 Uhr wird ungefähr eben soviel Wärme der Erde zugeführt und wenn auch die Abgabe jetzt etwas größer sein kann (wärmere Körper strahlen auch mehr Wärme aus), so bleibt sie immer noch kleiner als die Aufnahme. Also muss das Steigen fortdauern und das Maximum etwas später eintreten, ungefähr zwischen 1 und 2 Uhr. Mit dem Sinken der Sonne wird die Wärmezufuhr wieder geringer, und die Abnahme kann überwiegen, folglich wird die Temperatur sinken und sie muss noch mehr sinken, wenn die Sonne gar nicht mehr wirkt, also während der ganzen Nacht bis zum nächsten Morgen, wo kurz nach Sonnenaufgang das Minimum eintreten muss. Man kann sich von diesem Gange der Tageswärme eine vollständige Vorstellung verschaffen, wenn man die Temperaturen durch sogenannte registrirende Thermometer fortdauernd aufzeichnen lässt. Eine solche Zeichnung, wie sie in dem Observatorium zu Kew bei London am 3. August 1877 aufgenommen wurde, zeigt Fig. 25. Sie sehen an ihr noch alle die zufälligen, im Laufe des Tages eingetretenen Schwankungen. Trotzdem zeigt sich die Gesetzmäßigkeit des Verlaufs. Das Minimum ist etwa bei 5 Uhr morgens, das Maximum nach 2 Uhr nachmittags.

Fig. 25.

An jedem folgenden Tage würde natürlich eine solche Aufzeichnung anders aussehen. Wenn man aber aus einer großen Zahl solcher Beobachtungen Mittel für jede Tagesstunde zieht, so kann man eine ideale Curve des Tagesganges der Temperatur konstruiren. Eine solche sehen sie in Fig. 26 dargestellt.

Fig. 26.



Jahresschwankungen und mittlere Tagestemperatur.

102. Etwas ganz ähnliches zeigt sich in Bezug auf die Schwankungen im Lauf eines Jahres. Da von dem niedersten Sonnenstand an, Ende De-

zember, bis zum höchsten, Ende Juni, die Sonnenstrahlung zunimmt, so wird die mittlere Temperatur der Luft zunehmen und ein Maximum erreichen, das aber etwas verspätet eintreten muss. Daher haben wir die durchschnittlich größte Wärme im Juli oder August und die größte Kälte im Januar oder Februar. Um von den zufälligen Schwankungen möglichst unabhängig zu sein, muss man den Berechnungen natürlich möglichst viele Temperaturbeobachtungen zu Grunde legen. Dazu sind Stationen eingerichtet, welche neben anderen Beobachtungen auch die Temperatur messen. Man wird um so näher der Wahrheit kommen, wenn möglichst viel Beobachtungen gemacht werden z. B. von Mitternacht zu Mitternacht alle halbe Stunde. Aus diesen würde man das Tagesmittel jedes einzelnen Tages finden. Dasselbe wird nicht genau übereinstimmen mit dem Tagesmittel desselben Tages in einem vorhergehenden Jahr, aber wenn man viele solche Tagesmittel durch Jahre hindurch festgestellt hat, so wird man aus diesen wieder ein von Zufälligkeiten freies Tagesmittel für jeden Tag des Jahres berechnen können.

Solche Beobachtungen sind natürlich ausserordentlich umständlich. Man hat sie dadurch zu ermöglichen gesucht, dass man statt der Ablesung die Registrirung durch Instrumente eingeführt hat. Man kann, den jedesmaligen Stand des Thermometers photographisch fixiren, oder man kann Thermometer benutzen, bei denen die Temperatur der Luft sich auf einen beweglichen Zeiger überträgt, der sie auf einer Trommel aufschreibt, die sich in 24 Stunden einmal um ihre Axe dreht. Man bekommt dann eine Kurve, welche gestattet, in jedem Augenblick die Temperatur nachträglich abzulesen und aus vielen Beobachtungen das Mittel zu ziehen. Ein Beispiel solcher Registrirung haben wir in der Fig. 25 kennen gelernt. Es genügt aber für sehr viele wissenschaftliche Zwecke auch, wenn man nur im Laufe des Tages einige Beobachtungen macht und aus diesen das Mittel zieht. Auf den größeren meteorologischen Stationen geschieht dies viermal, auf mittleren dreimal und auf kleineren zweimal. Die Erfahrung hat gelehrt, welche die geeignetsten Stunden dazu sind: 8 Uhr morgens, 2 Uhr nachmittags und 8 Uhr abends, oder 6, 10, 2, 6 Uhr, kurz Zeiten, welche ungefähr gleichmäßig über den Tag verteilt sind.

103. Noch viel besser ist es, wenn man diese Beobachtungen ergänzt durch das Ablesen der Maximal- nnd Minimaltemperaturen. Abgesehen davon, dass diese auch an und für sich von Interesse sind, ganz besonders auch für hygienische Zwecke, sind sie auch sehr nützlich für die Berechnung des Tagesmittels. Aus nur zwei täglichen

Maximum- und Minimumthermometer.

…s erreichte Maximum und Minimum an, welche an zwei … rechts und links angeschriebenen Skalen abgelesen … Zu jeder neuen Beobachtung werden die Stiftchen ebenso …e bei dem alten Instrument durch einen Magneten wieder bis an das Quecksilber herangeschoben.

Jahresmittel. **104.** Durch Summation des Tagesmittel und Division der Summe durch die Zahl der Tage erhält man die mittleren Temperaturen für längere Zeiträume. Man kann also auf diese Weise Monatsmittel, Jahresmittel u. s. w. berechnen. Sehr wichtig ist die mittlere Jahrestemperatur eines bestimmten Ortes. Denn das Jahr ist die natürliche Wärmeperiode, innerhalb welcher die Wärmewirkungen der Sonne sich immer wieder in gleicher Weise abwickeln. Das Jahresmittel oder die mittlere Jahrestemperatur sagt uns also, wie warm es an dem Orte sein würde, wenn die wirklich vorhandene Wärme ohne alle Schwankungen ganz gleichmäßig verteilt wäre. Sie hängt ab von der geographischen Breite, denn je weiter die Entfernung vom Äquator, desto niedriger ist im allgemeinen die Jahrestemperatur. Sie hängt weiter ab von der Höhenlage: Bei höher gelegenen Orten ist sie geringer als bei tiefer gelegenen. Drittens hängt sie auch ab von anderen Umständen, wie sich denn auch zeigt, wenn man die Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur durch Linien verbindet, selbst dann, wenn man den Einfluss der Höhenlage eliminirt, indem man die Temperaturen so umrechnet, wie sie sein würden, wenn alle Orte in Meereshöhe lägen. Solche Linien nennt man Jahresisothermen. In Fig. 30 sind dieselben für die Temperaturen von 5 zu 5 Graden dargestellt. Gäbe es gar keine Störungen, so müssten die Orte gleicher Jahrestemperatur alle auf demselben Breitengrad liegen. Die Linien, die „Isothermen“, würden also parallel dem Äquator verlaufen,

Fig. 30.



aber sie beschreiben krumme Bahnen und es zeigt sich, dass alle Isothermen auf der westlichen Seite des atlantischen Ozeans weiter nach Süden hinunterreichen als auf der östlichen, so dass z. B. die Jahresisotherme 5°, welche an der Ostküste von Schweden den 60ten Breitegrad schneidet und westlich von Norwegen fast bis zum 70ten hinaufreicht, in Amerika ungefähr mit dem 50ten Breitengrad verläuft. Dies hängt mit dem Golfstrom zusammen. Dieser kommt wahrscheinlich dadurch zu Stande, dass das Wasser des atlantischen Ozeans durch die Sonne sehr stark erwärmt wird, so dass das warme Wasser nach oben steigt und nach Norden und Süden abfließt. Aus dem Golf von Mexico kommt also ein warmer Strom heraus nach Nord und Süd, durch die Drehung der Erde wird er aber abgelenkt nach Nordwest und Südost, so dass das warme Wasser ans westliche Europa gebracht, diese Länder erwärmt, wogegen ein von den Polen herkommender kalter Strom von Grönland her an der Ostküste von Nord-Amerika entlang südwärts fließt und die Küste dort abkühlt. In Amerika, wo man vor keiner Schwierigkeit zurückschreckt, hat man sogar das Projekt ausgesonnen, letzteren Strom abzulenken; sollte es gelingen, so würde eine Umwälzung in den klimatischen Verhältnissen statfinden.

Die mittlere Jahrestemperatur findet man ziemlich genau, wenn man die Temperatur innerhalb der Erde c. 20 m tief misst. Wir haben gesehen, dass die Einwirkung der Sonnenstrahlen sich zunächst auf die oberen Schichten der Erde erstreckt, die Fortpflanzung nach innen langsam ist und die Schwankungen in der Tiefe sich verflachen. Bis in die Tiefe von ca. 20 m sind die Schwankungen vollständig beseitigt. Dort halten sich also Erwärmung und Abkühlung das Gleichgewicht, und in Folge ist dessen ist dort die mittlere Jahrestemperatur konstant. Quellen aus solcher Tiefe zeigen daher eine konstante Wärme, welche mit der mittleren Jahrestemperatur nahezu übereinstimmt.

105. Die mittlere Jahrestemperatur ist nun aber nicht allein maßgebend für die hygienische Bedeutung der Wärme, sondern auch die Schwankungen. Wenn wir wissen, dass bei uns die mittlere Jahrestemperatur 10° beträgt, so sagt uns das noch nicht, wie warm es im Sommer und wie kalt es im Winter werden kann. Vergleicht man Orte mit gleicher Jahrestemperatur, so sieht man beträchtliche Unterschiede. Um diese zu ermitteln, muss man kleinere Zeitabschnitte z. B. die Monatsmittel nehmen. Wie wir Jahresisothermen haben, so können wir auch für jeden Monat eine Isotherme zeichnen, die

Jahreszeiten.

dann von den Jahresisothermen häufig sehr abweichen. Statt für jeden Monat kann man auch 3 Monate zusammen als eine Jahreszeit rechnen. Durch das eigentümliche Verhalten der Sonne ist ja der regelmäßige Wechsel von vier Jahreszeiten in unsern Breiten so auffallend, dass es nahe liegt, auch die Temperaturerscheinungen auf sie zu beziehen. Richtet man sich nach den astronomischen Jahreszeiten, so hat das die Unannehmlichkeit, dass keine Übereinstimmung mit dem bürgerlichen Kalender vorhanden ist, und außerdem schwankt die astronomische Zeit. Man hat aber außerdem noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass der kälteste Monat, welcher bei uns ungefähr Januar ist, und der wärmste, ungefähr Juli, bei einer solchen Betrachtung am zweckmässigsten als die Hauptabschnitte angesehen werden und daher haben die Meteorologen ein meteorologisches Jahr eingeführt vom 1. Dec. — 1. Dec. Man bekommt dann folgende Jahreszeiten: Meteorologischer Winter vom 1. Dec. — 1. März; met. Frühling 1. März—1. Juni; met. Sommer 1. Juni—1. September; met. Herbst 1. Sept.—1. Dec. Es fällt dann der Januar in die Mitte des meteorologischen Winters und der Juli in die Mitte des meteorologischen Sommers. Wenn wir Frühling und Sommer zusammennehmen und Herbst und Winter, so bekommen wir die Extreme der Mittel, also eine Sommerwärme und Winterkälte für einen Ort, welche weit auseinander liegen können.

Kontinental- und Seeklima.

106. Für das mittlere Europa ist die Größe der Unterschiede zwischen den höchsten Sommer- und den niedersten Winter-Temperaturen hauptsächlich durch den atlantischen Ozean bedingt. Je weiter wir uns von diesem nach Osten, nach den russischen Steppen hin bewegen, desto größer sind die Extreme, desto heißer der Sommer, desto kälter der Winter. Das Wasser hat eine ausgleichende, mäßigende Wirkung; es mildert die Wärme sowohl wie die Kälte. Wenn das Wasser erwärmt wird, so bindet die Verdunstung so viel Wärme, dass die Erwärmung viel mäßiger stattfindet, als sie ausfallen würde, wenn die Sonnenstrahlen aufs Land fielen. Umgekehrt bei Abnahme der Sonnenwärme kondensiren sich die vorher gelösten Wasserdämpfe, die latente Wärme wird frei, die Temperatur sinkt also nicht so stark, als sie sonst sinken würde. Am allerdeutlichsten wird das mitten auf dem Ozean, auf kleinen Inseln oder auf Schiffen in hoher See. Dieser Einfluss macht sich nicht nur bei den Jahresschwankungen, sondern auch schon bei den Unterschieden der Temperatur von Tag und Nacht bemerkbar. Wenn wir also diese Einflüsse des Wassers berücksichtigen, so können wir in Bezug auf die Temperatur-

schwankungen ein kontinentales Klima vom ozeanischen unterscheiden. Ersteres ist dasjenige, wie es im Inneren größerer Kontinente in größerer Entfernung vom Meere sich zeigt, dagegen letzteres das, welches auf Inseln mitten im Meere und in geringerem Maße bis zu einer gewissen Entfernung von der Küste besteht. Ebenso wie die Schwankungen des Jahres hier geringere sind, so auch die Schwankungen von einem Tag zum anderen und innerhalb eines Tages. Was die Unterschiede der Tages- und Nacht-Temperaturen anlangt, so hängt dieselbe in unsern Gegenden noch besonders ab von der Himmelsbedeckung. Bei klarem Himmel ist die Ausstrahlung und demgemäß die Abkühlung viel größer als bei bewölktem. Wir finden deshalb, dass die niedrigsten Temperaturen in klaren, sternhellen Winternächten eintreten, während im Sommer bei bewölktem Himmel die Temperatur auch nachts nur wenig sinkt.

Lokale Einflüsse, welche auf die Temperatur wirken, sind ferner hauptsächlich durch die Gebirge gegeben: Gebirge, welche warme Luftströme abhalten, können eine Gegend kälter machen, als es nach der geographischen Lage sonst sein würde, und umgekehrt. Derartige Übergänge sieht man in schroffster Weise an der Nord- und Südseite der Alpen; aber in kleinerem Maßstabe schon bei niederen Gebirgszügen. Das untere Main- und das mittlere Rheinthal z. B. zeichnen sich durch auffallend mildes Klima vor den Nachbargegenden aus, weil sie gegen kalte Winde geschützt sind. Noch auffälliger ist der kleine Winkel bei Gersau am Vierwaldstädter See begünstigt, wo Kastanien- und Mandelbäume im Freien überwintern, während alles ringsum in Eis erstarrt ist.

Die Schwankungen der Temperatur haben offenbar eine große Bedeutung, indem der menschliche Organismus sich an allmähliche Temperaturschwankungen gewöhnen kann, während empfindliche Naturen, welche durch Abkühlung leicht leiden, vom schroffen Temperaturwechsel stark affizirt werden.

Vierzehnte Vorlesung.

Wind, Wetter und Klima.

Die Passate. — Örtliche Winde. — Drehungsgesetz. — Wirbelstürme. — Wetterkarte. — Hygienische Bedeutung des Windes. – Charakter der Hauptwinde. — Der Föhn. — Klima.

Die Passate. **107.** In den Tropen zwischen den Wendekreisen steht die Sonne das ganze Jahr über fast gleichmäßig hoch. Die Strahlen fallen fast senkrecht auf die Erde und erwärmen diese und dadurch die Atmosphäre sehr stark. Die Luft wird ausgedehnt und leichter, steigt daher in die Höhe und strömt oben sozusagen über. Umgekehrt wird an den Polen die Dichtigkeit der Luft wegen ihrer niederen Temperatur größer sein. Infolge dessen entsteht zwischen dem Äquator und den Polen eine Strömung, so dass auf beiden Halbkugeln eine Zirkulation der Luft sich herstellt, indem kalte Luft in den tieferen Teilen der Atmosphäre, nahe der Erdoberfläche, von den Polen nach dem Äquator strömt und umgekehrt in den höheren Schichten warme Luft von dem Äquator nach den Polen. Diese Strömungen werden durch die Axendrehung der Erde von ihrer meridianalen Richtung abgelenkt. Ein einzelnes Luftteilchen würde vom Nordpol ausgehend genau nach Süden strömen. Nun aber bewegt sich die Erde von Westen nach Osten, und wenn wir jenes Luftteilchen in seiner Bahn verfolgen, so finden wir, dass es von Breitengrad zu Breitengrad fortschreitend über Teile der Erdoberfläche fortgleitet, welche mit immer größerer Geschwindigkeit nach Osten fortrücken. Dadurch also, dass die Luftströmung die Richtung nach Süden hat, eilt die Erdoberfläche gleichsam unter der Luft vorbei, und diese muss daher eine scheinbare Ablenkung erfahren, so dass sie den Äquator nicht in dem Meridian, auf welchem sie ihre Bewegung begann, sondern in einem westlicher gelegenen Punkt erreicht. Die rein nördliche Strömung muss daher in eine nordöstliche übergehen.

Betrachten wir dagegen die obere Strömung der warmen Luft, so kommt sie von Teilen, welche eine große Geschwindigkeit haben, nach solchen von geringerer Geschwindigkeit. Da diese Luft, so lange sie am Äquator war, an der Drehung der Erde teilnahm, also eine *große* Geschwindigkeit in der Richtung nach Osten hat, so wird sie

bei ihrem Fortschreiten nach Norden über Gegenden mit geringerer Geschwindigkeit gelangen und demgemäß so abgelenkt werden, dass die ursprüngliche südliche Strömung in eine südwestliche übergeht.

Ganz analog verhalten sich die Strömungen auf der südlichen Erdhälfte, auf welche ich aber nicht näher eingehe. Die obere und die untere Strömung bestehen fortwährend, aber sie kommen nur da rein zur Geltung, wo möglichst wenig Einflüsse dieselben stören. Das ist besonders zu beiden Seiten des Äquators, soweit derselbe über Meer hinzieht, der Fall. Man bezeichnet sie da als Passatwinde. Nördlich vom Äquator haben wir also einen oberen, südwestlichen und einen unteren, nordöstlichen Passat zu unterscheiden. Lange jedoch, ehe diese Luftströmungen zu uns gelangen, sind allerlei Veränderungen mit ihnen vorgegangen. Kommt die obere Strömung in kältere Gegenden, so wird sie kälter und sinkt nach unten; dies geschieht zum großen Teil in den Gegenden der Wendekreise, wo ein Teil der polarwärts geflossenen Luft nach abwärts sinkt und als Nordost-Passat zum Äquator zurückströmt. Hier weht daher, ebenso wie in der gleich zu erwähnenden äquatorialen Kalmenzone das ganze Jahr hindurch kein Wind in unserm Sinne. Die untere Strömung der kälteren Luft kommt in wärmere Gegenden, steigt daher auf, und so begegnen sich beide Strömungen über unsern Köpfen, lenken sich gegenseitig ab, und je nachdem die eine oder andere das Übergewicht bekommt, haben wir mehr von der einen oder der andern. Daher ist das Wetter bei uns so veränderlich. In den Passatgegenden ist das weit weniger der Fall. Noch viel beständiger ist das Wetter innerhalb des heissen Gürtels, wo auch die Passate sich nicht merklich machen, sondern die Luft nur aufwärts steigt in Folge der Erwärmung. Es sind dies die Gegenden des aufsteigenden Luftstroms [*Courant ascendant*] oder der Windstillen [*Kalmen*]. Diese Region liegt aber nicht gleichmäßig zu beiden Seiten des Äquators, sondern etwas mehr nordwärts. Weil nämlich die nördliche Halbkugel mehr Land enthält als die südliche, wird sie von der Sonne stärker erwärmt, und der Wärmeäquator, wie wir die Linie nennen können, welche die Erdkugel in zwei ungleich große, aber gleiche Wärmemengen enthaltende Hälften teilt, liegt nordwärts von dem geographischen Äquator.

108. In ähnlicher Weise wie die Temperaturunterschiede zwischen Äquatorialgegend und Polargegenden Bewegungen in großem Maßstab in unserm Luftmeer bewirken, kommen aus den gleichen Ursachen auch kleinere, auf enge Bezirke beschränkte Strömungen zu Stande. Wer sich einige Zeit am Meeresufer aufhält, wird beobachten können, Örtliche Winde.

wie regelmäßig dort der Wind wechselt. Am Vormittag bläst er von der See nach dem Lande zu; am Abend springt er plötzlich um und weht vom Land nach der See hin. Wie wir schon erfahren haben, erwärmt sich das Land unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung stärker als das Meer. Deshalb ist am Tage die Luft über dem Lande wärmer, steigt in die Höhe und wird durch Luft, welche vom Meere herströmt, ersetzt. Abends kehrt sich das Verhältnis um; das Land kühlt sich schneller ab als das Meer, und es entsteht deshalb Landwind.

Was wir hier im kleinen beobachten, geschieht zwischen den großen Kontinenten und Meeren im großen. So bewirkt der Gegensatz zwischen der tibetanischen Hochebene und dem indischen Ozean die regelmäßig wechselnden Monsune, der Gegensatz zwischen dem afrikanischen Festland und dem Mittelmeer im Sommer regelmäßige Nordost-, im Winter Südwestwinde. Ganz das Gleiche zeigt sich aber auch in Gebirgsgegenden, besonders in Thälern, welche nach Süden ziehen. Am Tage erwärmen sich die Südabhänge der Berge sehr stark und erzeugen einen Thalwind; nachts erkalten sie viel schneller, und dann streicht der Wind thalabwärts den wärmer gebliebenen Thälern zu.

rehungs-setz.

109. Was unsre Atmosphäre in Bewegung setzt, ist also immer die Wärme der Sonne, möge es sich nun in den großen Gesamtströmungen der Passate oder in den zuletzt besprochenen lokalen Winden äußern. Jeder Wind aber, er möge eine Ursache haben, welche er wolle, wird von der Drehung der Erde in der Weise beeinflusst, wie wir dies von der großen Äquatorial- und Polarströmung entwickelt haben. Er zeigt auf der nördlichen Halbkugel immer die Neigung nach rechts abzuweichen, d. h. Nordwind geht in Nordost und Ost, Südwind geht in Südwest und West über. In unsern Gegenden sind die herrschenden Winde der vom Äquator herkommende allmählich herabgesunkene Südwest- und der vom Pol kommende Nordostpassat. Beide wehen stetig über und nebeneinander, beide haben aber die bezeichnete Neigung zur Drehung nach rechts. So lange also, als nicht anderweitige Störungen eingreifen, wird bei uns ein regelmäßiger Wechsel der Windrichtung erfolgen, indem der Nordost in Ost, Südost, Süd, Südwest, West, Nordwest, Nord übergeht, um dann wieder als Nordost denselben Kreis zu beginnen. Das ist das berühmte Dove'sche Drehungsgesetz der Winde, welches besagt, dass auf der nördlichen Halbkugel die Winde sich drehen wie der Zeiger der Uhr, auf der südlichen Halbkugel aber umgekehrt. Wie viel Zeit eine solche Drehung in Anspruch nimmt,

das ist freilich sehr wechselnd. Die kürzeste Zeit ist etwa $1^1/_2$ Tage, die längste etwa 3 Monate. Dazwischen kommen zuweilen teilweise Drehungen vor im umgekehrten Sinne, durch den Kampf der beiden Hauptwinde und durch zufällige Störungen bedingt. Immer aber nehmen die Hauptwinde, Südwest und Nordost, den größten Zeitraum in Anspruch, die andern Richtungen sind nur Übergänge. Nur wo Gebirgszüge diese Hauptwinde abhalten, herrschen lokale Winde andrer Richtung.

110. Außer diesen von den Passaten herrührenden und den lokalen Winden haben wir noch die Wirbelstürme oder Cyklonen zu beachten. Wenn an der Grenze der Kalmen über dem warmen Meere die wasserreiche Luft aufwärts steigt, so kann es leicht kommen, dass sie durch den Niederschlag des in ihr enthaltenen Wasserdampfs (wobei ja Wärme frei wird) noch mehr erwärmt und dadurch ihr Aufsteigen beschleunigt wird. Dadurch muss der Luftdruck an dieser Stelle sehr sinken und die schwerere Luft wird von allen Seiten nach diesem Zentrum hinströmen. Durch den oben erörterten Einfluss wird aber die Strömung nach rechts abgelenkt und es entsteht eine kreisende Bewegung der Luft um das Zentrum herum, auf der nördlichen Halbkugel im umgekehrten Sinne wie die Drehung des Uhrzeigers. So lange sich die Bewegung im Gebiet des Nordostpassats befindet, wirkt derselbe an der Südostecke des Wirbels der dort entstandenen Strömung entgegen, an der Nordwestecke dagegen unterstützt er sie. An dieser wird also die Luft dünner, an der ersteren dichter sein. Deshalb rückt der ganze Wirbel in der Richtung von Südost nach Nordwest fort. Sowie der Wirbel an die Grenze des Passats kommt, wirkt der nun schon tiefer gesunkene Äquatorialstrom auf ihn ein und lenkt ihn nach Nordwesten ab. Daher kommen die Wirbelstürme, welche nach Europa gelangen, stets aus Südwesten her; sie können aber in unsern Breiten ihre Richtung plötzlich ändern, weil bei uns bald die eine, bald die andre Luftströmung überwiegt, also nicht mehr so regelmäßige Einwirkungen stattfinden wie in den dem Äquator näheren Gegenden.

Wirbelstürme.

111. Wenn ein solcher Orkan sich Europa nähert, so ist es von großer Wichtigkeit von dem Wege, den er nimmt, und der Geschwindigkeit seines Fortschreitens den Gegenden, zu denen er hingelangen wird, rechtzeitig Mitteilung zu machen, besonders um durch Warnungssignale an den Küsten die Schiffe rechtzeitig auf die drohende Gefahr aufmerksam zu machen. Dazu dient der jetzt in hohem Grade entwickelte telegraphische Verkehr der meteorologischen Stationen. Für

Wetterkarte.

Deutschland bildet die kaiserliche Seewarte in Hamburg die Zentralstelle, welche alle Nachrichten empfängt und an die Stationen die nötigen Anweisungen erlässt. Aber auch von diesen Sturmwarnungen abgesehen leistet der telegraphische Verkehr der Beobachtungsstationen gute Dienste. Die Seewarte in Hamburg, die bayrische meteorologische Zentral-Station in München und andre ähnliche Sammelstellen erhalten täglich Wetterberichte und stellen diese zusammen in Tabellen sowohl als auch in graphischer Darstellung in einer sogenannten W e t t e r k a r t e, wie Sie beispielsweise eine in Fig. 31 wiedergegeben sehen. Da die Winde durch die Unterschiede im

Fig. 31.



barometrischen Druck hervorgerufen werden, so ist zunächst auf dieser Karte die Verteilung des Drucks, wie er um 8 Uhr morgens an diesem Tage war, dargestellt. Weil aber der Druck auch durch die Höhenlage der einzelnen Beobachtungsstationen bedingt ist, so wird der Zentralstation nicht der wirklich beobachtete Barometerstand telegraphirt, sondern dieser wird erst umgerechnet in den Wert, welchen er haben würde, wenn die Station im Meeresniveau läge. Die so auf das gleiche Niveau reduzirten Werte sind dann wirklich vergleichbar. Alle Orte mit gleichem Druck werden auf der Karte durch eine Linie verbunden. Diese Linien nennt man Isobaren. Auf unsrer Karte sind die Isobaren von 5 zu 5 mm angegeben. Wir sehen, dass an diesem Tage der niederste Druck (750 mm) an der Westküste der skandinavischem Halbinsel war, der höchste (770 mm) im Osten von Russland. Ein zweites Minimum (760 mm) zeigt sich im Gebiet des westlichen Mittelmeers und ein zweites Maximum (765 mm) im Alpengebiet. Bei jeder Station ist außerdem die Richtung des Windes durch einen Pfeil angegeben, die Stärke des Windes (nach einer Skala, welche sechs Stärkegrade unterscheidet) durch die Zahl der Fiedern an den Pfeilen. Es bedeutet nämlich die Zahl der Striche die Stärke des Windes u. z. 1 Strich schwach, 2 mittelstark, 3 stark, 4 stürmisch, 5 Sturm, 6 Orkan. Die Richtung des Windes wird durch die Lage des Pfeils angegeben. Die leeren Kreise an den Stationen bedeuten wolkenlosen Himmel, die schwarzen Kreise Regen u. s. w. Ein Stern * neben der Station bedeutet Schnee. Man hat also auf der Karte eine Übersicht des Wetters, wie es zu der gegebnen Zeit war. Man erkennt aber auch, dass die Winde nach den Orten der Minima hinwehen und diese, wie wir dies schon bei den Wirbelstürmen gesehen haben, im umgekehrten Sinne der Uhrzeigerbewegung umkreisen. Verfolgt man von Tag zu Tag die Wetterkarte und den Gang, welchen die barometrischen Minima und Maxima einschlagen, so kann man auch mit einiger Sicherheit Wetterprognosen aufstellen, welche freilich nur den allgemeinen Gang der Witterung für große Gebiete betreffen und für lokale Gebiete durch an Ort und Stelle anzustellende Beobachtungen ergänzt werden müssen.

Hygienische Bedeutung des Windes.

112. Der Wind hat eine große Bedeutung, denn er sorgt für Durcheinandermengung der Atmosphäre und macht, dass nirgends auf die Dauer Mangel an Sauerstoff besteht, trotz der fortwährenden Verwandlung desselben in Kohlensäure durch Menschen und Tiere. Er verteilt die fremden Bestandteile, welche sich der Luft aus irgend

einer Ursache beimischen, und macht sie durch Verdünnung unschädlich. Er kann aber auch schädliche Stoffe von einem Ort nach einem andern tragen. So entsteht in Malariagegenden das Gift örtlich, wird aber von dem Winde fortgeweht, so dass man in der Nähe des Entstehungsortes bei der einen Windrichtung ein Steigen der Malariaerkrankungen bemerkt und bei umgekehrter Richtung ein Fallen. Man kann sich vor diesen Einwirkungen des Windes schützen durch Barrièren. Solche natürliche Barrièren sind die Gebirge, aber auch niedrigere Scheidewände wie Waldungen, eine dichte Reihe Bäume, Mauern gewähren schon einen gewissen Schutz. Die Leute, welche sich in tropischen Gegenden ansiedeln, haben dafür zu sorgen, dass zwischen ihrer Ansiedelung und der Malariagegend ein solcher Schutz stehen gelassen oder angelegt wird.

Eine andre Beziehung zwischen Wind und Hygiene liegt darin, dass der Wind, indem er die Luft in Bewegung setzt, alle Einwirkungen derselben auf die Menschen vergrößert. Z. B. der Wind, der an unsrer Körperoberfläche vorbeiströmt, muss die Wasserverdunstung dort vermehren. In vollkommen ruhender Luft würde sich die uns umgebende Luftschicht mit Wasser anreichern, und die Wasserabgabe von unsrer Haut geringer werden. Wird aber die Luft, welche Wasserdampf aufgenommen hat, fortgeführt und durch trocknere ersetzt, so findet natürlich die Wasserverdunstung des Körpers in höherem Maße statt. Ebenso ist es mit den Temperaturverhältnissen: Nehmen wir an, dass die Luft — wie das ja die Regel ist — kälter ist als die Körperoberfläche, so wird diese Luft durch den Körper erwärmt; stagnirt sie, so werden sich in der Nähe der Körperoberfläche warme Schichten bilden und die Abkühlung wird abnehmen. Je größer aber die Geschwindigkeit ist, mit der die kalte Luft an uns vorbeistreicht, desto größer wird die durch sie bewirkte Wärmeentziehung sein. Wir fühlen das deutlich im Sommer und im Winter. An einem heißen Sommertage ist unsre Abkühlung eine geringe; wenn aber ein leichtes Lüftchen geht, so kommt uns die Luft nicht so schwül vor, weil uns durch die Windbewegung mehr Wärme entzogen wird. Ebenso kommt uns die Luft im Winter nicht so kalt vor, wenn sie still ist, dagegen eisig, wenn sie bewegt ist. Alle diese Verhältnisse kommen nun natürlich in Betracht, wenn man die hygienischen Beziehungen der Luft erkennen will. Windstille, wie sie z. B. in eingeschlossenen Thalkesseln oder innerhalb eines dichten Waldes vorkommt, gibt Veranlassung zur Ansammlung von Stoffen, welche dem Boden entsteigen oder künstlich erzeugt werden und sich in der

ruhenden Luft ansammeln oder zu Boden sinken, während sie in bewegter Luft zerstreut werden würden. Die Luft in geschlossenen Räumen, wo die Bewegung eine geringe ist, kann ihre Beschaffenheit in höherem Grade ändern. Der Wind kann aber auch seinerseits verändernd auf die Luft wirken. Wenn z. B. der Wind, welcher zu uns kommt wärmere Luft herbeiführt, muss er Steigen der Temperatur bewirken und umgekehrt ein Sinken. Ist er reicher an Wasserdampf, so wird er den Wasserdampfgehalt der Luft vermehren, im anderen Fall ihn vermindern.

113. Die Verteilung von Wasser und Land auf der nördlichen Halbkugel bringt es mit sich, dass für den größten Teil von Mitteleuropa die beiden Hauptrichtungen des Windes sich entgegengesetzt verhalten. Der Nordost ist im allgemeinen trocken, der Südwest feucht, denn letzterer, der über den atlantischen Ozean zu uns kommt, hat reichlich Gelegenheit Wasserdampf aufzunehmen, er führt ihn mit und vermehrt daher den Feuchtigkeitsgehalt unsrer Luft. Ersterer weht über das nordöstliche Europa d. h. kontinentale Gegenden, ist daher trocken. Was die Temperatur anlangt, so kommt der Gegensatz zwischen ozeanischem und kontinentalem Klima in Betracht. Im Sommer sind die nördlichen Gegenden Europas heiß, dagegen haben die südwestlichen Gegenden im Sommer ein mildes Klima. Daher sinkt die Temperatur bei Südwestwind. Im Winter dagegen sind die Gegenden im nördlichen Europa sehr kalt, daher bringt uns dann der Nordostwind Kälte. **Charakter der Hauptwinde.**

114. In diesen Verhältnissen werden wieder erhebliche Änderungen eingeführt durch Gebirge, was am besten erläutert wird durch den bekannten Föhn der nördlichen Alpen. Der Föhn ist seinem Ursprung nach ein feuchter Wind, denn er stammt aus den warmen Gegenden des atlantischen Ozeans, etwa aus der Nähe der Antillen. Sobald er den südlichen Abhang der Alpen erreicht, wird er gezwungen, in den nach Süden sich öffnenden Gebirgsthälern in die Höhe zu steigen. Er kühlt sich dabei ab und lässt deshalb seinen Wassergehalt in Gestalt von heftigen Regenschauern niederfallen. Durch die dabei freiwerdende latente Wärme wird die Luft wieder warm und steigt mit vermehrter Geschwindigkeit in die Höhe. Am Gebirgskamm angelangt, könnte er nun über denselben weg weiter nordwärts ziehen. Wenn aber aus irgend einem Grunde am Nordrande der Alpen ein niedrer Luftdruck herrscht, so wird die Luft, welche den Kamm übersteigt, gleichsam nach abwärts gesogen. Der Wind streicht jetzt, den Gebirgsthälern am Nordabhang folgend, nach abwärts. Durch die damit ver- **Der Föhn.**

bundene Verdichtung wird die Luft noch wärmer, und da sie schon den größten Teil ihres Wassergehalts am Südrande abgegeben hat, so haben wir jetzt einen warmen und sehr trocknen Wind, welcher im Winter den Schnee zu schnellem Schmelzen bringt (die Schweizer sagen daher, der Föhn frisst den Schnee) und im Frühling das zarte Laub der Bäume zum Verdorren bringt. Diese Trockenheit der Föhnluft hat die falsche Meinung hervorgerufen, der Föhn stamme aus der Sahara. Das kann aber nicht richtig sein, denn ein Luftteilchen von der Sahara ist, ehe es die geographische Breite der Nordschweiz erreicht, schon soweit ostwärts abgelenkt, dass es etwa an das kaspische Meer gelangt, und die trocknen Saharawinde geben daher wol Anlass zu dem trocknen Klima Südrusslands, können aber in der Schweiz keine Wirkung ausüben.

Klima. **115.** Der Inbegriff aller der Bedingungen, welche die Temperatur, den Wassergehalt u. s. w. eines Ortes bestimmen, nennen wir sein Klima. Die geographische Lage, die Höhe über dem Meer, die herrschenden Winde sind für das Klima maßgebend. Im allgemeinen unterscheiden wir zwischen tropischem, gemäßigtem und polarem Klima; Übergangsstufen können wir als subtropisch, subpolar u. s. w. bezeichnen. Von dem Klima, insbesondre der gesamten im Laufe des Jahres vorhandenen Wärmemenge, hängt vorzugsweise die Vegetation ab, und so können wir Vegetationsgebiete unterscheiden z. B. das der immergrünen Bäume, des Weinstocks, der Laubbäume, der Nadelhölzer, der Getreidearten u. s. w. In hygienischer Beziehung genügen aber diese Unterscheidungen nicht. Hier kommt es weniger auf die Durchschnitts- oder Mittelwerte der Temperatur, der Feuchtigkeit u. s. w. an als auf die Schwankungen. Der Mensch ist viel empfindlicher gegen verhältnismäßig geringe Schwankungen als gegen allmählich eintretende große Veränderungen der Atmosphäre. Er kann in den Tropen der Hitze und in den arktischen Regionen der Kälte widerstehen, aber ein plötzlicher Temperaturwechsel, wie er bei uns zwischen Tag und Nacht eintreten kann, wird ihm zuweilen gefährlich. Ganz lokale Einflüsse können zuweilen nahe benachbarte Gegenden in hygienischer Beziehung sehr verschieden machen. Selbst wenn wir ganz absehen von solchen örtlichen Einflüssen, welche spezifische Schädlichkeiten, wie Malaria, hervorrufen, ist es sehr schwer, die hygienischen Verhältnisse eines bestimmten Klimas genau zu definiren. Brustaffektionen, Nervenkrankheiten u. a. machen manche Menschen ganz besonders empfindlich gegen gewisse örtliche Eigenheiten des Klimas, während andre Orte wohlthätigen Einfluss

ausüben. Man bezeichnet solche Orte als klimatische Kurorte. Wir können hierbei drei Gruppen unterscheiden: 1) Südklima, bei dem besonders die höhere Temperatur, namentlich im Winter, in Betracht kommt; 2) Höhenklima und 3) Seeklima, bei welchem letzteren neben den geringeren Temperaturschwankungen der größere Feuchtigkeitsgehalt der Luft mitwirkt.

Wenn wir uns nach einem Leitfaden umsehen, der uns zur Orientirung dienen kann, so scheint ein Gesichtspunkt hauptsächlich maßgebend zu sein: Man kann sagen, dass die verschiedensten Klimate für dieselbe Konstitution günstig oder ungünstig sein können, dass aber im allgemeinen diejenigen am ungünstigsten sind, welche schroffe Wechsel zeigen. Je gleichmäßiger die Verhältnisse, desto günstiger. Wie wäre es z. B. möglich, dass bei Lungenkranken gewisse Punkte von Italien oder Algier, wo sehr mildes Klima herrscht, und wiederum Davos, welches ein rauhes Klima hat, beide günstig sind. Die Antwort darauf scheint zu sein, es kommt nicht darauf an, ob es warm oder kalt, ob es feucht oder trocken ist, sondern auf die Gleichmäßigkeit des Klimas. Denn, wie gesagt, schroffere Gegensätze als Davos und das Klima der Riviera kann es kaum geben und doch wirken beide günstig.

Fünfzehnte Vorlesung.

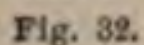
Abnorme Bestandteile der Luft.

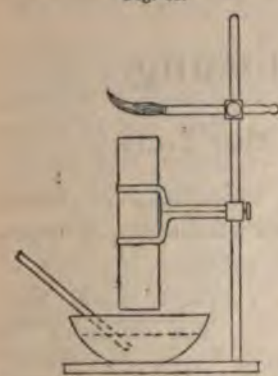
Feste Körper in der Luft. — Infektionskeime. — Fremde Gase. — Schädliche Gase. — Dämpfe in der Luft. — Abnormer Wasserdampfgehalt. — Schutzmittel dagegen.

Feste Körper in der Luft.

116. Die abnorme Zusammensetzung der Luft kann zweierlei Art sein: Entweder anormaler Überschuss oder Mangel eines der normalen Elemente, oder Vorkommen solcher Elemente, die überhaupt in der normalen Atmosphäre nicht enthalten sind. Unter den letzteren wird insbesondre alles, was nicht Luft d. h. was in der Luft nur suspendirt ist, als fremder Bestandteil angesehen werden müssen, denn die normale Atmösphäre ist ein Gasgemenge. Feste Partikelchen, hauptsächlich solche, welche von dem Wind aufgewirbelt werden und je nach ihrer Größe und Schwere längere oder kürzere Zeit suspendirt bleiben, sind aber fast immer vorhanden. Es sind entweder organische oder anorganische Stoffe. Ein Teil derselben stammt aus den schon früher besprochenen Abfällen. Was ferner die Flüssigkeit anlangt, so verdampft fortwährend Wasser und ist, wenn es sich wieder niederschlägt, auch als fremder Bestandteil anzusehen. Im Wasser gelöste Bestandteile aber können auf diese Weise nicht in die Luft gelangen; sondern nur, nachdem das Wasser verdunstet und die in ihm gelösten Stoffe eingetrocknet sind, können sie in Form von festen Teilen der Atmosphäre beigemischt werden. Dem scheint zu widersprechen, dass man in der Nähe des Meeres, wenn der Wind von der Küste ins Land weht, selbst bis auf ziemlich große Entfernungen hin Kochsalz in der Luft nachweisen kann. Spuren davon kommen fast überall in der Luft vor, was bei der großen Verbreitung des Kochsalzes nicht auffallen kann. Der Staub in unsern Zimmern ist immer kochsalzhaltig. Aber vom salzhaltigen Meer werden doch weit größere Mengen an die Luft abgegeben. Die Ursache ist leicht einzusehen. Wenn wir Wasser verdunsten lassen, in welchem Kochsalz aufgelöst ist, geht keine Spur des Salzes in die Luft über. Wird das Wasser aber in Bewegung gesetzt, wie durch *die Brandung des* Meeres an der Küste, dann zerstäubt das Wasser

und das Salz, welches gelöst ist, kann bis auf weite Entfernungen hin fortgeführt werden.


Fig. 32.



Ein einfacher Versuch kann Ihnen dies beweisen. Ich habe hier (Fig. 32) eine Schale mit Kochsalzlösung und über derselben ein weites vertikales Glasrohr, über welchem die blaue Flamme eines horizontal aufgestellten Bunsen'schen Brenners lodert. Diese Flamme erwärmt die Luft und erzeugt einen Luftstrom, welcher durch das Rohr aufwärt zieht. Ein Teil des Wassers verdunstet, aber nichts vom Salz wird mit in die Höhe geführt. Sobald ich aber durch Einblasen von Luft in die Kochsalzlösung bewirke, dass Blasen aufsteigen, welche an der Oberfläche der Flüssigkeit zerstieben, so werden die feinen Tröpfchen mit dem Luftstrom in die Höhe gerissen, und mit ihnen steigt das in ihnen gelöste Kochsalz durch das vertikale Rohr in die Höhe, was daran zu erkennen ist, dass die Flamme die gelbe Farbe des Natriumdampfes zeigt.

Sind auf solche Weise leichte flüssige oder feste Partikelchen in die Luft gelangt, so bleiben sie bei ihrer geringen Größe und bei den fortwährend vorhandenen Strömungen lange in derselben schweben und werden durch den Wind oft auf weite Entfernungen verschleppt. Nur der Regen reißt sie mit sich nieder, nimmt auch die beigemengten fremden Gase durch Absorption auf und mit sich zu Boden und wirkt so in der That reinigend auf die Luft.

117. Der in der Luft vorhandene Staub kann sehr verschiedenen Ursprungs und mannigfaltiger Natur sein. Es sind teils feine Sandkörnchen und andre Bodenbestandteile, teils aus Wohnungen, Werkstätten, Stallungen herrührende Stoffe, Wolle, Haare und andre Abfälle der Art, endlich auch ganze, kleine Tiere und Pflanzen und Keime solcher. Unter diesen Keimen sind ganz besonders wichtig die von infektiöser Natur. Wenn z. B. das Sputum eines Tuberkulosen eintrocknet und die überbleibende Masse verstaubt und in die Luft gerät, so werden auch die Bacillen oder ihre Keime, welche in dem Sputum enthalten waren, sich darunter befinden. Ferner kommen fast immer in der Luft in der Nähe menschlicher Wohnungen Kohlenpartikelchen und unvollständig verbrannte Teile der Brennmaterialien vor als Bestandteile des Rauches. Nicht selten findet man auch Fäkalsstoffe, aus den achtlos verstreuten und eingetrockneten

Infektionskeime.

Entleerungen von Menschen und Tieren, ferner Hautabschürfungen von Menschen und Tieren. Auch diese letzteren können infektiös wirken, wenn sie etwa die Erreger der Cholera, des Typhus oder der exanthematischen Krankheiten mit sich führen.

Um die Luft auf das Vorkommen solcher Teile zu untersuchen, filtrirt man sie, indem man sie durch ein Rohr hindurchsaugt, in welchem sich ein Pfropf von Baumwolle befindet. Das Rohr ist an einem Ende verengt, um es mit einem Aspirator zu verbinden, und enthält einen losen Wattebausch, welcher die Gase durchlässt, die festen Partikelchen aber zurückhält. Wenn man Luft durchsaugt, so findet man in der Regel, dass die Baumwolle sich schwärzt, da viele in der Luft schwebende Teilchen (Ruß u. d. g.) dunkel gefärbt sind. Man kann diese Teilchen in Wasser abschlemmen und sie unter das Mikroskop bringen, wo man sie teils als formlose, teils als geformte erkennen kann. Man kann zum Versuch statt der gewöhnlichen auch Schießbaumwolle nehmen, diese in Äther werfen, wo sie sich auflöst, so dass die festen Partikelchen in dem Äther allein schwimmen und so mikroskopisch untersucht werden können.

Bei der Bedeutung, die neuerdings die spezifischen Mikroorganismen für die Hygiene gewonnen haben, hat man besonders auf sie die Aufmerksamkeit gerichtet und einen Apparat zur Untersuchung derselben hergestellt.

Fig. 33.



Derselbe besteht aus einer weiten etwa 50 cm langen Röhre (Fig. 33), welche in einem Stativ horizontal aufgestellt wird, nachdem man sie vorher sterilisirt und mit sterilisirter Nährstofflösung soweit gefüllt hat, dass diese eine dünne Schicht in dem unteren Teil der Röhre bildet. (Über die Methoden der Sterilisirung und die Herstellung der Nährstofflösungen werde ich später sprechen). Das eine Ende

der Röhre ist mit einem engeren Rohr versehen und mit dem aus zwei Flaschen gebildeten Aspirator verbunden. Das andre Ende ist mit einer Kappe verschlossen, in welcher ein Loch ausgestanzt ist. Durch Senken der einen Flasche lässt man das Wasser in diese überfließen und saugt so langsam Luft durch die Röhre. Bei der geringen Geschwindigkeit der Luftströmung senken sich die in ihr schwebenden Teilchen, geraten in die Nährstofflösung, in welcher sie sich, sofern sie Lebewesen oder Keime derselben sind, entwickeln und weiter untersucht werden können.

118. Neben den festen in der Luft schwebenden Teilchen, welche meist so klein sind, dass sie direkt nicht gesehen werden können, sondern nur durch Reflexion des Lichts als Sonnenstäubchen erkennbar sind, kommen Gase der verschiedensten Art in der Luft vor, freilich immer nur in geringen Mengen wie Grubengas, Kohlenoxydgas, schweflige Säure, Chlorwasserstoff, salpetrige Säure, Salpetersäure und andere. Auch Ammoniak ist in geringen Mengen immer in der Luft vorhanden, bildet aber mit den vorhandenen Säuren Salze, welche sofern sie nicht gasförmig sind, nicht als solche in der Luft, wol aber im Regenwasser nachgewiesen werden können. Jene Gase sind entweder Produkte der Verbrennung in unseren Feuerungen oder entstehen bei Gewerbebetrieben, oder durch Zersetzung von Abfallstoffen, oder sie stammen aus den in lebenden Tieren vor sich gehenden Zersetzungen. Sie sind daher auch nicht immer und überall in gleicher Weise vorhanden und der Ursprung einiger ist nur in zufälligen, örtlichen Umständen zu suchen. Hauptsächlich sind es die gewerblichen Anlagen, welche das eine oder andere erzeugen. So entsteht schweflige Säure beim Verbrennen von schwefelhaltigen Steinkohlen, Chlorwasserstoffsäure in Sodafabriken; seltener findet man Schwefelkohlenstoff in der Nähe von gewerblichen Anlagen, die mit demselben arbeiten oder ihn darstellen, und ähnliches gilt von anderen der genannten Stoffe. Grubengas findet sich zuweilen in der Luft in der Nähe von Sümpfen. Am häufigsten sind Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure, welche bei der Verwesung und Fäulnis organischer Substanzen entstehen; letztere werden auch in der Luft erzeugt durch elektrische Entladungen. Fremde Gase.

Die in der freien Atmosphäre vorkommenden fremden Gase sind selten in so großer Menge vorhanden, dass sie der Gesundheit nachteilig werden könnten. Nur ganz ausnahmsweise sammelt sich ein solches Gas an, wenn es nicht genügend vom Wind verteilt werden kann, z. B. wenn Kohlensäure in einer Grotte aus einer Erd-

spalte ausströmt wie in der bekannten Hundsgrotte bei Neapel. In engen Höfen, auf denen faulende Stoffe Gase entwickeln, könnte auch unter Umständen eine größere Ansammlung derselben zu Stande kommen. Anders ist es aber in geschlossenen Räumen: in Abtrittsgruben, Kellern, Zimmern. In diesen kommt es sehr leicht zu einer solchen Ansammlung fremder Gase, dass sie entweder durch längere Einwirkung die Gesundheit schädigen, oder durch akute Vergiftung Krankheit oder selbst den Tod verursachen können.

Schädliche Gase.

119. Zu den gefährlichsten Gasen unter denen, welche thatsächlich vorkommen und nicht gar selten Schaden anstiften, gehören Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff. Sie sind so heftige Gifte, dass sie schon in geringen Mengen der Luft beigemischt tötlich wirken. Die untere Grenze, bei welcher akute Vergiftung eintritt, liegt für Schwefelwasserstoff etwa bei 0,1, bei Kohlenoxyd bei 1 %. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass schon viel geringere Mengen, wenn sie längere Zeit immer und immer wieder geatmet werden, die Gesundheit schädigen, gleichsam eine chronische Vergiftung bewirken. Die Bedingungen hierzu sind nur zu oft vorhanden. Schwefelwasserstoff gelangt aus Abtrittsgruben in die Wohnräume; Kohlenoxyd ist ein Bestandteil des Leuchtgases (4—14 % je nach den zur Erzeugung benutzten Kohlen) und entsteht bei der Verbrennung in unsern Öfen, aus denen es unter Umständen in die Zimmer gelangen kann. Es wird daher gerechtfertigt erscheinen, wenn ich etwas näher auf die Wirkung dieser Gase eingehe, während von einigen anderen, seltener vorkommenden, bei Gelegenheit der Gewerbekrankheiten die Rede sein wird.

Viel weniger giftig ist die Kohlensäure, welche erst bei einem Prozentgehalt von über 10 gefährlich werden kann, während geringere Mengen auch dauernd eingeatmet werden können, ohne chronische Vergiftungen zu erzeugen. Da aber die Kohlensäure wegen ihres hohen spezifischen Gewichtes sich nur langsam mit der atmospärischen Luft mischt, so kann sie unter Umständen sich an einzelnen Stellen bis zu der gefährlichen Menge ansammeln.

In der Regel teilt man die Gase hinsichtlich ihrer Wirkungsweise ein in indifferente, irrespirable und giftige. Indifferente sind solche, die zwar das Leben nicht unterhalten können aber nicht schädlich sind. Dieselben können also ohne Schaden selbst längere Zeit geatmet werden, wenn sie mit genügendem Sauerstoff gemischt sind. Dahin gehören Stickstoff, Wasserstoff, Grubengas; bei den beiden letzteren ist freilich die Explosionsgefahr zu beachten.

Irrespirabel nennt man Gase, welche durch Reizung der Schleimhäute Husten und Glottiskrampf verursachen. Lässt man sie durch eine Trachealkanüle atmen, so wirken sie auch giftig, so dass die Trennung von der dritten Gruppe eigentlich willkürlich ist. Hierher gehören Chlor, Chlorwasserstoffsäure, Ammoniak, Phosphorwasserstoff u. a. Zu den giftigen gehören neben den oben genannten noch die Arsenverbindungen, Cyanwasserstoff und viele andre.

120. Von den Gasen sind die Dämpfe nicht streng zu trennen. Dämpfe in der Luft.
Einige haben wir schon gelegentlich erwähnt z. B. Schwefelkohlenstoff. Wir sprechen von Dämpfen, wenn es sich um Stoffe handelt, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, aber zum Teil durch Verdunstung in die Luft übergehen. Je flüchtiger eine Substanz ist, je niedriger ihr Siedepunkt liegt, desto mehr Dampf gibt sie an die Luft ab. Auch diese Dämpfe kommen in der freien Luft selten in solcher Menge vor, dass man ihnen eine hygienische Bedeutung zuschreiben kann. Nur in geschlossenen Räumen, wo die verteilende Wirkung des Windes nicht zur Wirkung kommen kann, können sie sich in erheblicheren Mengen ansammeln. Und auch das kommt vorzugsweise nur in Gewerbebetrieben vor, wo die Flüssigkeiten, aus denen sich die Dämpfe entwickeln, in größeren Mengen vorhanden sind. Alkohol, Äther, Petroleum und ähnliche flüchtige und viel gebrauchte Stoffe geben am meisten Gelegenheit zur Entwicklung von Dämpfen, welche Schaden anrichten können. Längerer Aufenthalt in Räumen, in welchen solche Flüssigkeiten lagern oder benutzt werden, können Störungen leichterer oder schwererer Art hervorrufen. Ich erinnere nur an Weinkellereien, wo neben dem Alkoholdampf auch noch andre flüchtige Stoffe, ätherische Öle u. s. w. in Dampfform in der Luft vorhanden sind, und wo durch das bloße Einatmen dieser Dämpfe, auch ohne dass man den Wein kostet, ein rauschähnlicher Zustand entstehen kann. In den Lagerkellern der Droguisten, wo allerlei Essenzen, ätherische Öle u. s. w. zusammenkommen, können ähnliche Wirkungen gleichfalls sich einstellen.

Wenn es sich um weniger flüchtige Substanzen handelt, so wird eine bedeutendere Verdunstung nur bei höherer Temperatur eintreten, insbesondere beim Sieden, welches ja bei vielen gewerblichen Verrichtungen vorgenommen wird. Dass auch feste Substanzen Dämpfe abgeben können, brauche ich nicht weiter auszuführen. Die Blumendüfte gehören auch hierher. Dass stark duftende Pflanzen gelegentlich Kopfweh oder auch ernstere Störungen hervorbringen können, ist nicht zu leugnen. Aber der verbreitete Volksglaube von der hohen Ge-

fährlichkeit von blühenden Gewächsen in den Zimmern ist übertrieben. Und dass diese Gefahr angeblich in der Nacht größer sein soll als am Tage, beruht wol auch nur auf dem Umstand, dass der Duft bei geschlossenen Fenstern sich stärker bemerkbar macht. Gibt ja auch FREILIGRATH in seinem Gedicht „der Blumen Rache“, in welchem er jene vermeintliche Gefahr so eindringlich schildert, ausdrücklich an, dass die Fenster geschlossen seien.

Abnormer Wasserdampfgehalt.

121. Auch der Wasserdampf, obgleich er zu den normalen Bestandteilen der Atmosphäre gehört und in der freien Atmosphäre bis zur vollen Sättigung derselben vorhanden sein kann, ohne dass diese dadurch einen gesundheitsschädlichen Charakter annimmt, ist hygienisch nicht unbedenklich, wenn es sich um die Luft geschlossener Räume handelt. Auch in diesen kommen große Unterschiede des Feuchtigtigkeitsgehalts vor und zuweilen sehr erhebliche Abweichungen von dem gleichzeitigen Gehalt der Aussenluft. Im Winter, wenn die Luft wegen ihrer niederen Temperatur nur wenig Wasserdampf enthält, wird bei nachträglicher Erwärmung durch die Heizung der relative Gehalt natürlich bedeutend herabgesetzt erscheinen. Andrerseits geben die Menschen an die Zimmerluft fortwährend Wasserdampf ab, und ebenso erzeugen Flammen, welche zur Beleuchtung dienen, Wasserdampf. So kann es je nach Umständen kommen, dass die Zimmerluft entweder sehr trocken oder sehr feucht ist. Letzteres kommt in überfüllten Zimmern vor. Und weil in solchen leicht auch die Temperatur sehr hoch steigt und bei hoher Lufttemperatur und hohem Wassergehalt unser Körper wenig Wärme verliert, so kann uns ein solcher Raum leicht lästig werden.

Neben diesen Umständen können auch noch andere mitwirken, die Luft besonders feucht zu machen: Kochen von Wasser in Küchen, Waschräumen oder zu gewerblichen Zwecken; starke Wasserverdunstung in Badezimmern, namentlich in den sogenannten russischen Dampfbädern. Vor allem aber wirken in dieser Richtung feuchte Mauern. Wenn die Mauern in frischen Bauten noch viel Wasser enthalten oder wenn in Poren des Mauerwerks Wasser aus dem Boden durch Kapillarität aufsteigt, so verdunstet dieses Wasser in die Zimmerluft hinein und diese wird wasserreich. Zuweilen findet man in den Mauern einzelne nasse Stellen, von besonders porösen und hygroskopischen Steinen herrührend. Auch diese geben fortwährend Wasserdampf an die Zimmerluft ab.

Schutzmittel dagegen.

122. Die Menschen fühlen sich erfahrungsgemäß bei einer mäßigen Wärme am wohlsten bei einem Feuchtigkeitsgehalt von nicht

unter 40 und nicht über 60 %. Ist der Gehalt geringer, z. B. in Folge der Heizung, so kann man dem abhelfen, indem man Gefäße mit Wasser aufstellt, am besten am oder auf dem Ofen selbst, welche durch Verdunstung der Luft die nötige Wassermenge mitteilen. Abhilfe gegen zu große Feuchtigkeit ist bei weitem schwieriger. Neubauten sollten nicht bezogen werden, ehe die Mauern genügend ausgetrocknet sind. Gegen die aus dem Boden aufsteigende Feuchtigkeit schützt man die Mauern durch Isolirschichten, Bleiplatten oder Dachpappe, welche zwischen Fundament und darauf stehender Mauer eingeschaltet werden. Sehr zu empfehlen ist auch die Trennung der Kellermauern von dem umgebenden Erdreich durch einen ausgemauerten Graben, wie das in England allgemein Sitte ist. Eine solche Luftschicht gewährt noch den Vorteil, luftige und helle und darum besser verwertbare Kellerräume zu gewinnen. Sind einzelne feuchte Steine in der Mauer, so thut man am besten, dieselben heraushauen und durch andre ersetzen zu lassen. Endlich kann man noch innerhalb des Zimmers die feuchte Mauer bis auf einige Zentimeter Tiefe abhauen und mit wasserdichtem Mörtel bewerfen lassen; dann lässt man Sackleinwand über Leisten spannen, so dass sie durch eine Luftschicht von der Mauer isolirt bleibt, und streicht diese an oder beklebt sie mit Tapete.

Worin eigentlich der hygienische Schaden der Mauerfeuchtigkeit besteht, ist schwer zu sagen. Vielleicht bleiben organische Stoffe an einer solchen Mauer haften und gehen dort Zersetzungen ein, bilden dann vielleicht auch den Nährboden für die Entwicklung schädlicher Mikroorganismen. Wird eine mit Arsenfarben gestrichene Wand oder Tapete feucht, so begünstigt dies auch das Entstehen flüchtiger Arsenverbindungen, welche dann ins Zimmer gelangen und von den Bewohnern eingeatmet werden. Endlich sind nasse Mauern weniger durchgängig für Luft, was bei der sogenannten natürlichen Ventilation der Wohnräume in Betracht kommt.

Sechzehnte Vorlesung.

Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure.

Schwefelwasserstoff. — Wirkung desselben. — Kohlenoxydgas. — Übereinstimmung in der Wirkung. — Nachweis der H_2S — und CO — Vergiftung. — Schwierigkeit des Nachweises. — Vergiftung durch Abtrittsgase. — Vergiftung durch Kohlensäure.

Schwefelwasserstoff.

123. Um Ihnen die Wirkung des Schwefelwasserstoffs vorzuführen, erzeuge ich dieses Gas durch Einwirkung verdünnter Salzsäure auf Schwefeleisen in dem sogenannten Kipp'schen Apparat. Das Gas wird zuerst durch eine Waschflasche geleitet, dann durch eine Flasche mit hellrotem, defibrinirten Blut; hinter dieser ist eine leere Flasche zum Auffangen des übergerissenen Blutschaums eingeschaltet und endlich kommt eine grosse tubulirte Glocke, in welcher sich ein Kaninchen und ein Frosch befinden. Was aus dieser Glocke schließlich entweicht, geht wieder durch eine Waschflasche und entweicht durch ein Luftabzugsrohr ins Freie, damit wir nicht durch das Gas belästigt werden.

So wie die ersten Blasen des Gases durch das Blut streichen, sehen Sie die Farbe desselben sich ändern; das Blut wird dunkel, was besonders an den dünnen Schichten der aufsteigenden Blasen und des Schaumes sehr auffallend ist. Nach kurzer Zeit schon erscheint das Blut fast schwarz. Sobald eine gewisse Menge des Gases in die Glocke zu den Tieren gelangt, erkennen wir an den hierzu geeigneten Stellen des Kaninchens, den Nasenlöchern, den Lippen, der Conjunctiva, dass dieselbe Farbenveränderung auch in dem Blute des lebenden Tieres vor sich geht. Die Erklärung dafür ist, dass der Schwefelwasserstoff dem Blut Sauerstoff entzieht. Schwefelwasserstoff in Berührung mit O haltigem Blut wird zerlegt, so dass sich H_2O und S bildet. Letzterer ist in sehr geringer Menge vorhanden, so dass man erst, nachdem längere Zeit H_2S durch Blut geleitet wurde, aus diesem ein Filtrat erhält, in welchem Schwefel in Substanz nachweisbar ist. Aber die Entziehung des Sauerstoffs macht das Blut dunkel; und wenn dies auch im lebenden Tier unter der Einwirkung des eingeatmeten Schwefelwasserstoffs der Fall ist, so muss es

offenbar die Folge haben, dass das Tier erstickt. In der That sehen wir auch in dem Maße, wie das giftige Gas zutritt, alle Erscheinungen der Erstickung bei dem Kaninchen eintreten: das Tier wird unruhig, atmet schneller und tiefer, die Dyspnoe wird immer stärker. Jetzt fällt das Tier um, es stellen sich Krämpfe ein, die später ganz den Charakter der Streckkrämpfe annehmen. Zuletzt setzt die Atmung aus, nur nach längeren Pausen treten einzelne, langgezogene tiefe Respirationen mit weitem Aufsperren des Mauls ein, schliesslich fehlen auch diese; das Tier ist tot.

Inzwischen hüpft der Frosch, welcher dieselbe, mit Schwefelwasserstoff gemischte Luft atmet wie das Kaninchen, noch ganz munter umher. Ein kaltblütiges Tier kann eben Sauerstoffentziehung viel länger vertragen. Dennoch wirkt auch auf ihn der Schwefelwasserstoff ein. Lassen wir ihn, während wir die Kaninchenleiche entfernen, in der schnell wieder geschlossenen Glocke, so werden wir ihn in der nächsten Vorlesung nicht mehr am Leben finden.

124. Wollen wir die Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf das Blut genauer verfolgen, so müssen wir dasselbe spektroskopisch untersuchen. Blut in sehr verdünnter Lösung absorbirt bekanntlich das Licht von bestimmter Brechbarkeit der Art, dass in dem Spektrum sich zwei dunkle schmale Streifen zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien D und E zeigen. Das gilt aber nur, wenn das Blut Sauerstoff enthält. Entzieht man ihm denselben durch reduzirende Mittel, so verschwinden die zwei Streifen, und an der Stelle zwischen ihnen tritt ein etwas breiteres, nicht so scharf begrenztes Absorptionsband auf. Ganz dasselbe sehen wir nun bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Blut im ersten Stadium der Einwirkung. Lassen wir aber das Gas länger und in etwas grösserer Menge einwirken, so wird das Blut noch weiter zerlegt; das Gas wirkt wie eine schwache Säure. Sie zerlegt das Hämoglobin in Globulin und Hämatin. Letzteres erkennt man bei der spektroskopischen Untersuchung an einem schmalen Absorptionsstreifen zwischen den FRAUNHOFER'schen Linien C und D. Geht endlich die Einwirkung noch weiter, so wird auch das Hämatin zerlegt und es entsteht ein blassgrünlicher Farbstoff, welcher kein charakteristisches spektrokopisches Verhalten zeigt.

Wirkung desselben.

Natürlich kann es zu solch starken Zersetzungen nicht kommen innerhalb des Blutes eines lebenden, warmblütigen Tiers; denn sobald dem Blut der größte Teil des Sauerstoffs entzogen ist, stirbt das Tier und nimmt keinen H_2S mehr auf. Wenn man aber Einspritzungen von Schwefelwasserstoffwasser unter die Haut macht, so

wird lokal das Blut in der oben beschriebenen Weise verändert. Die Umgebung der Einspritzungsstelle verfärbt sich daher erst braun und dann grünlich. Diese Farbenveränderungen treten auch an Leichen auf, wenn in ihnen Schwefelwasserstoff durch Fäulnis entsteht. Man sieht diese „Totenflecke" besonders an den Bauchdecken in Folge der Entwicklung des Schwefelwasserstoffgases in den Därmen.

Kohlenoxydgas.

125. Das Kohlenoxydgas entwickeln wir durch Erhitzung eines Gemenges von Oxalsäure und Schwefelsäure in einem Kolben. Die Oxalsäure hat die Zusammensetzung $C_2H_2O_4$; beim Erhitzen mit Schwefelsäure zerfällt sie in Kohlensäureanhydrid, Kohlenoxyd und Wasser. $C_2H_2O_4 = CO_2 + CO + H_2O$. Das Wasser verbindet sich mit der Schwefelsäure, das Gemenge von Kohlensäure und Kohlenoxyd leiten wir durch eine Woulf'sche Flasche mit Kalilauge, welche die Kohlensäure bindet, während das Kohlenoxydgas hindurchgeht. Im übrigen ist die Einrichtung ganz die gleiche wie die für den Schwefelwasserstoff benutzte. Das Kohlenoxydgas geht erst durch defibrinirtes Blut und tritt dann in eine Glocke, welche ein Kaninchen und einen Frosch enthält.

Vergleicht man das Blut, durch welches CO geht mit dem Schwefelwasserstoffblut, so wird ersteres im Gegensatz hell kirschrot gefärbt und es unterscheidet sich in seiner Farbe fast gar nicht vom gewöhnlichen sauerstoffreichen Blut. Auch bei spektroskopischer Untersuchung ist kaum ein Unterschied zu erkennen. Aber durch eins unterscheidet es sich wesentlich. Wenn wir nämlich O-haltiges Blut mit reduzirenden Substanzen behandeln, wie Schwefelammonium oder einer ammoniakalischen Lösung von weinsaurem Eisenoxydul, ja wenn wir es auch nur mit frischen Zinkfeilspänen schütteln, so verliert das gewöhnliche Blut seinen Sauerstoff, es wird reduzirt und die zwei Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins werden durch das eine Absorptionsband des reduzirten Hämoglobins ersetzt. Das Kohlenoxydblut, in gleicher Weise behandelt, ändert sich durchaus nicht. Die Erklärung dafür ist die, dass das CO ähnlich wie O eine Verwandtschaft zu Hämoglobin hat. Kommt CO mit Blut zusammen, so entweicht O und es entsteht eine Verbindung von CO mit Hämoglobin und zwar wird dem Volum nach genau so viel CO aufgenommen, als O entwichen ist. Die Verbindung des Hämoglobins mit CO ist fester als die O-Verbindung und lässt sich schwierig zerlegen. Dennoch wird sie durch längere Einwirkung von überschüssigem O zerlegt. Wenn man daher durch CO-haltiges Blut längere Zeit einen Strom

von atmosphärischer Luft hindurchleitet, so wird es wieder in gewöhnliches O-haltiges Blut zurückverwandelt.

126. So verschieden auch die Wirkung von Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff auf Blut sein mögen, in ihrer schließlichen Wirkung für das Leben eines Säugetiers kommen beide doch ganz auf dasselbe hinaus. Wenn CO das O aus dem Blute verdrängt, so kann die entstandene CO-Verbindung des Hämoglobins nicht die Rolle der O-Verbindung übernehmen, nämlich nicht an die Gewebe den nötigen Sauerstoff abgeben, und es ist gleichgültig für das Leben, ob reduzirtes Hämoglobin zirkulirt oder CO-Hämoglobin. Das Tier erstickt also infolge der Einatmung von Kohlenoxyd ebenso, wie das andre durch Einatmung von Schwefelwasserstoff erstickt ist. In der That sehen wir auch an diesem Kaninchen ganz dieselben Erscheinungen sich abspielen, welche wir an dem mit Schwefelwasserstoff vergifteten sahen und welche wir sehen würden, wenn wir ein Tier auf irgend eine andre Art ersticken würden: Dyspnoe, Krämpfe, Tod. Wenn wir aber die Leiche des mit CO vergifteten Tiers untersuchen, so finden wir kein dunkles sondern kirschrotes, helles Blut. Diese Farbe hält sich sehr lange nach dem Tode, selbst mehrere Tage. Auch das venöse Blut ist meist sehr hellrot, jedenfalls viel heller gefärbt als sonst in Leichen, und daran erkennt man den Tod durch CO. Der genauere Nachweis ist allerdings viel schwieriger.

Übereinstimmung in der Wirkung.

Vergiftungen mit Kohlenoxyd kommen in der Regel vor infolge fehlerhafter Heizungsanlagen. Die bei unvollkommener Verbrennung von Kohle entstehenden Gasgemenge, welche man als Kohlendunst bezeichnet, verdanken hauptsächlich ihrem Gehalt an CO ihre Gefährlichkeit. Dasselbe gilt vom Leuchtgas. Werden Kohlenkörbe ohne alle Vorkehrung zum Abzug des Rauches im Zimmer aufgestellt oder ist der Abzug aus den Öfen behindert (worauf wir später bei Besprechung der Heizeinrichtungen noch zurückkommen werden), oder strömt Leuchtgas aus einem offen gelassenen Hahn aus, so fallen nicht selten Menschenleben diesem Gift zum Opfer, welches um so gefährlicher ist, da es sehr häufig die Menschen im Schlaf tötet, ohne dass sie die Gefahr merken. Auch in selbstmörderischer Absicht werden zuweilen die Umstände, welche zur Vergiftung führen, absichtlich herbeigeführt.

127. Öffnet man die Leichen von Tieren, welche mit diesen beiden Giften getötet worden sind, so lassen sich dieselben sehr gut von einander unterscheiden. Mit bloßem Auge sieht man bei dem einen die hochrote Färbung, welche sich durch ihre Beständigkeit

Nachweis der H_2S-Vergiftung.

auszeichnet, so dass sie bei Sektionen noch mehrere Tage nach dem Tode zu finden ist; dagegen ist das Schwefelwasserstoffblut ganz tief dunkel und behält diese Farbe, wenn es eingeschlossen bleibt. An blutreichen Organen, an der Leber, dem Herzen, an den Gefäßen des Mesenteriums ist diese Farbenverschiedenheit leicht zu sehen. Entnimmt man irgendwo eine Blutprobe aus dem mit CO getöteten Tier, so erkennt man sofort bei der spektroskopischen Untersuchung die zwei Streifen α und β, welche sich von den gleichnamigen Streifen des O-haltigen Bluts durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen reduzirende Mittel unterscheiden.

In solchen Fällen kann man, wenn eine genügende Blutmenge zur Verfügung steht, das Kohlenoxydgas durch einen Luftstrom aus dem Blute austreiben und durch seine Reaktion auf Palladiumchlorür nachweisen. Man füllt das Blut (etwa 25—50 ccm) in eine Woulf'sche Flasche, verbindet diese mit einer leeren Flasche zur Auffangung mitgerissenen Schaums und diese mit einer Flasche, in welcher sich ein mit einer Lösung von Palladiumchlorür getränkter Fließpapierstreif befindet. Aus einem Gasometer lässt man Sauerstoff oder atmosphärische Luft in nicht zu langsamem Strom durch das Blut streichen. Ist CO im Blut, so wird dasselbe ausgetrieben und bewirkt eine Ausscheidung von metallischem Palladium auf dem Papier, wodurch dasselbe sich mit einem dunklen, metallisch glänzenden Häutchen überzieht.

Schwieriger ist der Nachweis der Schwefelwasserstoffvergiftung. Häufig kann der charakteristische Geruch dieses Gases bei Eröffnung der Brust- und Bauchhöhle als Anhalt dienen, besonders wenn die Leiche im Übrigen noch frisch ist, so dass der Geruch nicht von fauliger Zersetzung herrühren kann. Im Blute aber sieht man in der Regel nicht, wie zu erwarten wäre, das Absorptionsband des reduzirten Hämoglobins, sondern die zwei gewöhnlichen Streifen des Oxy-Hämoglobins. Bei genauerem Zusehen findet man zuweilen einen dritten Streifen, der davon herrührt, dass aus einem Teil des Hämoglobins Hämatin entstanden ist.

Bei den Leichen der mit CO vergifteten Tiere, in deren Blut wir es mit CO-Hämoglobin zu thun haben, bleibt dasselbe an der Luft unverändert. Das H_2S dagegen ist ja in keine chemische Verbindung mit dem Blutfarbstoff eingetreten, sondern hat nur dazu gedient, das ursprüngliche Oxy-Hämoglobin zu reduziren. Lassen wir also das mit H_2S behandelte Blut mit der Luft in Berührung kommen, so wird es wieder O aufnehmen.

128. Wir müssen daher gewisse Vorsichtsmaßregeln anwenden, wenn es gelingen soll, das reduzirte Hämoglobin im Blute der Leiche nachzuweisen. Dabei kommt noch in Betracht, dass wir das Blut nicht direkt zur Untersuchung verwenden, sondern erst verdünnen müssen. Geschieht dies aber mit gewöhnlichem Wasser, so enthält dieses O absorbirt und das würde den Versuch verderben. Daher erhitzt man das Wasser zum Kochen, wodurch alle Gase entweichen. Während das Wasser ganz heiß ist, bedeckt man es mit einer Schicht Öl und lässt es wieder abkühlen. Jetzt kann das Wasser keine Luft mehr absorbiren und man hat O freies Wasser. In dieses bringt man einige Tropfen von dem Blut, welches man mit einer Pravaz'schen Spritze aus dem rechten Herzen oder einer großen Vene aufgezogen hat, und stellt so eine Lösung her, welche das O-freie Hämoglobin enthält und welche durch die Öldecke kein O aus der Luft aufnehmen kann. Aber auch bei Anwendung aller Vorsichtmaßregeln gelingt es nicht immer, das Fehlen des Sauerstoffs nachzuweisen. Es ist auch leicht möglich, dass zuweilen, besonders bei schneller Einwirkung, der Tod schon eintritt, ehe noch aller Sauerstoff aus dem Blut verschwunden ist, wahrscheinlich weil das Herz sehr schnell gelähmt wird. Auf der andern Seite darf man auch nicht ohne Weiters auf Schwefelwasserstoffvergiftung schließen, wenn es gelingt, bei einer Leiche zu konstatiren, dass das Blut O-frei ist. Denn auch wenn ein Tier auf andre Weise erstickt ist, könnte das vorkommen. Eine sichere Diagnose ist daher nur dann zu stellen, wenn neben der dunklen Farbe des Bluts und etwaigem Nachweis von O-Mangel in demselben, gleichzeitig der Geruch, den die inneren Organe, Baucheingeweide und das Blut zeigen, den Nachweis unterstützt, oder wenn das Gas direkt, etwa durch seine Reaktion auf mit Bleiessig getränktes Papier nachgewiesen werden kann. Diagnostische Merkmale, welche die Erstickung als solche erkennen lassen, gibt es nicht. Das einzige, was man findet, ist eine auffallende Leere der Arterien und eine starke Überfüllung der Venen, die davon herrührt, dass während der Erstickung die kleinen Arterien sich sehr stark verengern und so schon während des Lebens eine Überfüllung der Venen und des rechten Herzens sich ausbildet. Wenn dann schließlich das Herz aufhört zu schlagen, so treiben die Arterien vermöge ihrer Elastizität das Blut vollends in die Venen.

Schwierigkeit des Nachweises.

129. Vergiftungen mit Schwefelwasserstoff kommen beim Ausleeren von Abtrittsgruben, trotzdem man die Gefahr kennt, immer noch ziemlich zahlreich vor. Wenngleich die in einer lange verschlossen

Vergiftung durch Abtrittsgase.

gewesenen Abtrittsgrube vorhandenen Gase häufig nur geringe Mengen H_2S enthalten, so ist doch die Giftigkeit dieses Gases so groß, dass die Gefahr hauptsächlich auf dasselbe geschoben werden muss. Neben H_2S enthält das Gasgemenge zuweilen bis zu 5 % Kohlensäure, Ammoniak, Stickstoff in größerer (bis zu 94 %) und Sauerstoff in geringerer Menge als die atmosphärische Luft. Wenn eine alte Abtrittsgrube, die längere Zeit sich selbst überlassen war, gereinigt werden soll, so geschieht dies oft durch Ausschöpfen mit Eimern, welche an Stricken herunter gelassen werden. Schon die bei Aufdecken der Grube ausströmenden Gase können den Arbeitern gefährlich werden. Noch gefährlicher aber ist es, wenn sich ein Arbeiter in die Grube selbst begibt, um die festeren Massen, die nicht ausgeschöpft werden können, herauszuschaffen. Einer steigt hinein, plötzlich fällt er um und ist bewusstlos; einem zweiten geht es ebenso. Ehe ihnen Hilfe geschafft werden kann, sind sie meist rettungslos verloren.

Ist die Einwirkung des Giftes weniger heftig, so treten sehr verwickelte und wechselnde Krankheitserscheinungen auf, von denen schwer zu sagen ist, welchen einzelnen Teilen des Gasgemenges die verschiedenen Symptome zuzuschreiben sind: heftige Schmerzen im Magen und in den Gelenken, Zusammenziehung im Schlunde, Kopfweh, Übelkeit, Erbrechen, Ohnmacht, Schrei- und Lachkrämpfe, allgemeine Krämpfe, Delirien, Asphyxie. Zuweilen erfolgt der Tod noch nachträglich nach Stunden oder Tagen. In anderen Fällen erholen sich die Vergifteten, in den leichtesten schon nach sehr kurzer Zeit.

Um solche Unglücksfälle zu verhüten ist es sehr wichtig, dass man sich erst überzeugt, ob in der Grube schädliche Luft ist oder nicht, und dass man den vorhandenen H_2S beseitigt. Dazu gibt es einfache Mittel: Man erkennt das Gas ja schon am Gestank. Man thut dann gut, in die Grube Kalkwasser oder eine Auflösung von Eisenvitriol zu schütten, kurz solche Flüssigkeiten, welche das Gas zerlegen und den Schwefel binden. Noch wirksamer ist es, einen Korb mit Hobelspänen, Stroh oder dergleichen zu füllen, diese mit der Flüssigkeit zu tränken, den Korb an einem Strick hinunterzulassen und in dem Luftraum hin und her zu schwenken.

Da solche Arbeiten häufig bei Nacht vorgenommen werden, so müssen die Arbeiter davor gewarnt werden, der Öffnung mit einer freien Flamme nahe zu kommen. Denn die Gase können sich, wenn reichlich H_2S vorhanden ist, entzünden. Wenn aber der größte Teil desselben durch die erwähnten Mittel beseitigt ist, dann kann man einen an einer langen Stange befestigten Strohwisch anzünden und in

der Grube hin und her schwenken. Der Schwefelwasserstoff verbrennt dann zum Teil zu schwefliger Säure und Wasser. Außerdem aber entstehen Luftströmungen, wodurch ein Teil der in der Grube enthaltenen Gase heraus und frische Luft eingeführt wird. Ist es aber vorgekommen, dass ein Arbeiter verunglückt ist, dann wäre es die größte Thorheit, einen anderen ohne alle Vorsichtsmaßregeln nachzuschicken. Zum mindesten muss der nächste, welcher nachsteigt, an einem Strick angebunden sein, um von einem oben Stehenden schnell herausgezogen werden zu können. Außerdem müssen die Leute sich schützen durch Vorbinden eines mit Kalkmilch getränkten, zwischen die Lagen eines zusammengefalteten Tuches eingelegten Schwammes vor Mund und Nase.

Außer den Latrinenarbeitern werden Menschen zuweilen in Fabriken oder chemischen Laboratorium durch H_2S akut vergiftet werden können. Von den durch Abtrittsgase verursachten chronischen Vergiftungen wird später noch die Rede sein.

Vergiftung durch Kohlensäure.

130. Das dritte der am häufigsten vorkommenden schädlichen Gase, die Kohlensäure, kann in ziemlich reichem Maße in der Luft vorhanden sein ohne schädlich zu wirken. In denjenigen Gewerbebetrieben, welche mit der Gärung zu thun haben, wird unter der Einwirkung eines Pilzes auf zuckerhaltige Flüssigkeiten Zucker in Kohlensäure und Alkohol zerlegt. Die Kohlensäure steigt in Gasblasen auf und verbreitet sich wegen ihres hohen spezifischen Gewichts nur langsam in der Luft, so dass sich in einem großen Bottich über der gärenden Flüssigkeit ein See von Kohlensäure ansammelt, während die übrige Luft arm an CO_2 bleibt. Ebenso findet man auch eine große Kohlensäureansammlung da, wo sie aus Erdspalten austritt, wie in der Hundsgrotte bei Neapel, oder in Behältern von kohlensäurereichen Wässern. Alle Quellen, die aus größerer Tiefe kommen und in dem Bohrloch eine Wassersäule von einiger Höhe bilden, sind reich daran, denn CO_2 ist leicht absorbirbar und die Absorption wächst proportional mit dem Druck, welcher mit je 10 m Tiefe um eine Atmosphäre zunimmt. Die Kohlensäure strömt dann aus den Bohrlöchern als Gas aus oder das hervorquellende Wasser ist sehr reich daran. Bei Benutzung solchen Wassers zu Bädern entweicht die Säure und sammelt sich über dem Wasser an, so in den Bädern von Rehme in so hohem Grade, dass wenn man bis an den Hals in der Badewanne sitzt, man eine sehr kohlensäurereiche Luft atmet. Man muss deshalb in derartigen Bädern für gute Ventilation sorgen, damit die Ansammlung nicht zu hoch steige und schädlich werde. Aus-

strömungen von Kohlensäure aus Erdspalten kommen vielleicht durch unterirdische Brände zu Stande. Es ist beobachtet worden, dass in der Nähe eines Kohlenbergwerks die Kohlensäure in reichlicher Menge ausströmte und in ein Haus eindrang, in welchem Arbeiter wohnten. Erstickungsgefahr durch Kohlensäure kommt hauptsächlich in den vorher erwähnten Gärungsgewerben vor und ganz besonders dann, wenn die Leute, um den Gärungsprozess zu beobachten, den Kopf in den Bottich hineinbeugen. Dabei ist es vorgekommen, dass jemand in den Bottich hineingefallen und so umgekommen ist. Auch wenn Leute in die gärende Flüssigkeiten enthaltenden Keller hinunterstiegen und in der kohlensäurereichen Luft die Besinnung verloren, sind Todesfälle vorgekommen. Zu solcher Wirkung gehören mindestens 10—12 % Kohlensäure; bei einem Gehalt von 15 % tötet sie außerordentlich schnell.

Über die Wirkung der Kohlensäure haben wir schon früher gesprochen (§ 99), wo wir sahen, dass in abgesperrten Räumen Tiere je nach Umständen entweder an Sauerstoffmangel oder an Kohlensäurevergiftung zu Grunde gehen können. Im ersteren Falle sind die Erscheinungen die der Erstickung, stimmen deshalb mit denen überein, welche wir beim Schwefelwasserstoff und beim Kohlenoxyd kennen gelernt haben. Wird Kohlensäure bei reichlich vorhandenem Sauerstoff geatmet, so wirkt sie als ein narkotisches Gift. Es würde sich deshalb wol empfehlen, Gemenge von CO_2 und O in passenden Verhältnissen als Narkotikum bei kurzdauernden Operationen, Zahnextraktionen u. d. g. zu versuchen. Wirkt endlich Kohlensäure bei gleichzeitigem Sauerstoffmangel ein, so werden die Erstickungserscheinungen durch die narkotische Wirkung der Kohlensäure erheblich abgeschwächt. Namentlich die Krämpfe sind dann viel weniger ausgeprägt oder können auch ganz fehlen.

Siebzehnte Vorlesung.

Weitere schädliche Gase. — Wiederbelebung.

Irrespirable und indifferente Gase. — Minengase. — Grubengas und Leuchtgas. — Vorsichtsmaßregel gegen Leuchtgasausströmung. — Wiederbelebung Asphyktischer. — Lufteinblasung. — Aussaugung von Flüssigkeit aus den Lungen. — Künstliche Atmung durch Thoraxbewegung. — Methoden von Marshall Hall und Sylvester. — Methode von Schultze für Neugeborne. — Kennzeichen der Wiederbelebung. — Anregung der Herzthätigkeit.

131. Von den sogenannten irrespirablen Gasen, welche in geringer Menge Reizung der Kehlkopfschleimhaut und starken Husten erzeugen, in größeren Mengen Stimmritzenkrampf und Verschluss der Glottis bewirken, kommt am häufigsten Ammoniak vor, welches sich aus Pissoirs und Abtritten entwickelt. Die anderen sind, da sie nur bei gewissen Verrichtungen entstehen, in dem Abschnitt über Gewerbehygiene zu besprechen. — Dass sie nicht geatmet werden können, ist nur cum grano salis zu verstehen: sind wir nicht im Stande, aus dem Raum zu gehen, wo sich ein derartiges Gas vorfindet, so wird schließlich der Glottiskrampf erlahmen und das Gas wird eingeatmet werden. Dann wirken sie auch auf die tiefer gelegenen Teile der Schleimhaut reizend, erzeugen akute oder bei wiederholter Einatmung geringerer Mengen chronische Bronchial- bzw. Lungenkatarrhe. Manche von ihnen sind aber auch nach ihrer Absorption durch das Blut noch in andrer Weise schädlich, also eigentliche Gifte. Die indifferenten Gase endlich, welche an und für sich ungefährlich sind, die aber, wenn sie allein ohne O vorhanden wären, das Leben nicht unterhalten könnten, kommen in so hohem Maße, dass sie gesundheitsschädlich werden könnten, nur selten vor. Wenn wir diese mit O mischen, können sie ebenso zum Leben dienen, wie das in der Luft vorhandene Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff. Jedoch ist zu beachten, dass einige dieser Gase, z. B. Wasserstoff oder Grubengas, mit Sauerstoff oder atmosphärischer Luft gemischt explosible Gemenge geben und dadurch gefährlich werden können.

Irrespirable und indifferente Gase.

132. Sehr selten haben wir es natürlich mit einem einzigen dieser Gase zu thun sondern fast immer mit Gasgemengen verschiedener Art. In den Minen sammeln sich nach der Explosion, mag diese nun

Minengase.

durch Pulver oder einen andern Sprengstoff bewirkt sein, die Minengase an, welche je nach der Zusammensetzung des Sprengmittels verschieden, immer aber sehr arm an Sauerstoff sind. Die Soldaten oder Bergleute, welche in den Minen zu thun haben, leiden darunter umsomehr, weil außerdem die Luft in denselben sehr warm und feucht ist; dies führt zuletzt zur sogenannten Minenkrankheit. Bei mäßiger Abnahme des Sauerstoffs in der Atemluft entsteht keine Lebensgefahr, weil die Verwandtschaft zwischen Hämoglobin und O so groß ist, dass wir selbst bei geringen Mengen des letzteren noch genug aufnehmen können. Die Grenze ist bei 6 % ungefähr; derartige Atmosphären kommen, wie in den Minen, auch an solchen Stellen vor, an denen stark sauerstoffverzehrende Prozesse vorgehen oder wo sich fremde Gase entwickeln, z. B. in Kohlenbergwerken. Es können dann zwei Effekte gleichzeitig wirken, die schädlichen Gase und der Mangel an O. Gegen diese Gefahren muss durch genügende Ventilation, Zuführung frischer Luft und Abführung der schädlichen Gase, Vorsorge getroffen werden.

Grubengas und Leuchtgas.

133. In Steinkohlengruben entwickelt sich unter Einwirkung der feuchten Luft, die auf die Steinkohlen wirkt, das Grubengas CH_4. Dies gehört an und für sich zu den indifferenten Gasen. Es wird gefährlich, weil es mit O gemischt ein explosives Gemenge gibt, welches durch Entzündung die schlagenden Wetter veranlasst. Um die Entzündung zu verhüten, muss man daher offene Lampen vermeiden und die DAVY'schen Sicherheitslampen anwenden. Wenn trotzdem Explosionen vorkommen, so rührt dies meist davon her, dass die Lampen, trotz des strengen Verbots, geöffnet werden. Es werden daher verschlossene Lampen an die Arbeiter gegeben, die verschlossen wieder abgeliefert werden müssen. Der Verschluss ist verschieden konstruirt, um alle Versuche sie zu öffnen zu hintertreiben, so z. B. ein Riegel, der nur mit Hülfe eines starken Magneten zurückgeschoben werden kann.

Ähnlich verhält es sich mit dem Leuchtgas, welches ein Gemenge darstellt aus schweren Kohlenwasserstoffen, Grubengas, Kohlenoxyd und Wasserstoff. Auch eine geringe Menge von Schwefelwasserstoff ist trotz aller Bemühungen ihn zu beseitigen beigemischt, was man daraus erkennen kann, dass metallene Gegenstände in Gegenwart von Leuchtgas schwarz werden. Die Gefahr der Gasvergiftung ist hier wiederum eine doppelte: Bleibt ein Hahn der Gasleitung offen oder ist eine Röhre schadhaft, so kann dies bei Näherung einer Flamme Veranlassung geben zur Explosion. Dies ist ganz besonders wichtig

für die Untersuchung schadhafter Stellen. Die Gasarbeiter sind gewöhnt, dabei mit einer Flamme zu probiren, wo das Gas ausströmt. Dies ist ungefährlich, so lange wenig Gas ausgeströmt ist; aber wenn sich das Gas in dem Raum gesammelt und ein explosives Gemisch gebildet hat, so kann es sich entzünden und großen Schaden anrichten. Deshalb muss man zunächst für starke Lüftung sorgen, längere Zeit frische Luft durch das Zimmer streichen lassen, ehe man eine offene Flamme in dasselbe bringt. Aber das Leuchtgas kann auch als solches schädlich wirken, wegen seines Kohlenoxydgehalts, und in der That kommen solche Vergiftungen vor, sowohl akute als auch chronische, durch langanhaltendes, wiederholtes Einatmen kleinerer, nicht gleich tötlicher Mengen. Wegen des im Kohlendunst enthaltenen Kohlenoxyds verweise ich auf § 129.

134. Um Unglücksfällen durch Leuchtgas vorzubeugen, thut man gut, eine Sicherheitsvorrichtung anzubringen, an der man erkennen kann, ob alle Hähne geschlossen und die Leitungen dicht sind. Gewöhnlich wird das Gas einem Gebäude zugeführt durch einen Hauptstrang, welcher sich im Hause in die einzelnen Abzweigungen verteilt. An dem Hauptstrang ist ein Haupthahn, durch welchen man die gesamte Hausleitung absperren kann. Wenn dieser geschlossen ist, kann kein Gas ausströmen, auch wenn irgend eine schlechte Stelle vorhanden oder ein Hahn offen ist. Um dies zu erkennen, kann man neben dem Haupthahn ein sogenanntes Umgehungsrohr anbringen, d. h. ein enges Rohr, welches von der Hauptleitung vor dem Haupthahn abzweigt und hinter demselben in die Leitung wieder einmündet. Ist irgendwo im Hause ein Hahn offen oder eine fehlerhafte Stelle, so wird durch dieses Nebenrohr Gas strömen können. Wenn aber alle Hähne geschlossen sind und nirgends eine schadhafte Stelle, so strömt kein Gas hindurch. In diese Nebenleitung ist eine Woulf'sche Flasche eingeschaltet, welche zur Hälfte mit Glyzerin gefüllt ist; Wasser ist dazu nicht zu gebrauchen, weil es verdunstet. Wenn man nun den Haupthahn öffnet, dann strömt das Gas durch ihn und wird nicht den engen Weg wählen, in welchem der Widerstand groß ist, Wenn man aber den Hahn schließt, so steht dem Gas der Umweg offen. Ist alles in Ordnung, so kann kein Gas hier durchstreichen, ist aber ein Fehler vorhanden, so werden Gasblasen durch das Glyzerin streichen und man wird den Fehler sofort erkennen, ihn aufsuchen und beseitigen.

Vorsichtsmaßregel gegen Leuchtgasausströmung.

135. Wenn wir nach dieser Übersicht uns die Frage vorlegen, wie wir uns zu verhalten haben, wenn derartige Vergiftungen vor-

Wiederbelebung Asphyktischer.

kommen, so ist mit Nachdruck darauf hinzuweisen, dass in vielen Fällen, wenn rechtzeitig Hilfe geleistet werden kann, Wiederbelebung bzw. Erhaltung des noch nicht völlig geschwundenen Lebens möglich ist. Handelt es sich um eine H_2S- oder CO-Vergiftung oder um Erstickung durch andre Ursachen z. B. Erhängen, Ertrinken, oder endlich um die bei chirurgischen Operationen vorkommenden Chloroformvergiftungen, immer gibt es einen Zustand, bei welchem der Mensch nicht mehr atmet, weil das Blut so wenig O enthält, dass die Erregbarkeit des Zentralnervensystems schon so tief gesunken ist, dass es nicht mehr thätig ist, wo Reflexe sich nicht mehr zeigen und wo dennoch der Tod noch nicht eingetreten ist. Dieser Zustand wird gewöhnlich als Asphyxie bezeichnet, ein Ausdruck, der zu deutsch Pulslosigkeit bedeutet. In Wirklichkeit schlägt das Herz im asphyktischen Stadium noch, aber freilich oft so schwach, dass der Puls nicht zu fühlen und die Herztöne nicht zu hören sind. In diesem Zustande dürfen wir einen Menschen nicht sich selbst überlassen; denn wenn wir nicht rechtzeitig für Zuführung von Sauerstoff sorgen, so wird der kleine, noch im Körper vorhandene Rest an O auch noch verbraucht, und es wird unfehlbar der Tod eintreten. Wir können aber den Menschen noch retten, wenn wir ihm Luft zuführen durch künstliche Atmung. Woran erkennt man nun diesen Zustand? Es ist dies ziemlich schwer und es gibt nur ein Mittel, welches allerdings sehr wertvoll ist, das ist das Verhalten der Pupille. Es hat sich bei Tieren herausgestellt, dass diese ein feines Reagens ist. Wenn nämlich das O im Körper abnimmt, dann werden die Fasern, welche den M. dilatator iridis innerviren, erregt und die Pupille erweitert. Tritt der Tod ein, so hört dies auf und die Pupille verengert sich wieder. So lange also, als die Pupille noch weit ist, haben wir es nicht mit einem Toten, sondern mit einem Asphyktischen zu thun und wir dürfen nicht unterlassen, die Wiederbelebung zu versuchen.

Lufteinblasung.

136. Die Frage, auf welche Art wir am besten die künstliche Atmung ausführen, ist verschieden beantwortet worden. Man hat mehrere Methoden angegeben, welche den Mangel der eigenen Atembewegung ersetzen sollen. Es kommt alles darauf an, dass frische, sauerstoffhaltige Luft in die Lungen eingeführt, und die in den Lungen enthaltene, sauerstoffarme oder manchmal noch giftige Bestandteile enthaltende Luft entfernt wird. Die allereinfachste Art, welche manchmal von Laien versucht wird, ist, dass man Luft von Mund zu Mund einbläst. Das ist aus verschiedenen Gründen unzweckmäßig. Ein-

mal weil man nicht sicher ist, dass die Luft in die Lunge gelangt, denn die eingeblasene Luft kommt zunächst nur in Mund und Rachen des Asphyktischen und kann zum Teil wieder entweichen, ohne überhaupt in die Lungen zu gelangen; oder sie gelangt auch wohl in den Magen, statt in die Lungen. Auch ist der Druck, mit dem man bläst, nicht groß genug. Dann aber ist es keine gute, sauerstoffreiche Luft, die wir so einblasen können. Auch ist das Verfahren, wenn Kohlenoxyd oder Schwefelwasserstoff in den Lungen des Asphyktischen ist, nicht ohne Gefahr für den Einblasenden. Man hat deshalb vorgeschlagen, Blasebälge anzuwenden. Es sind deren verschiedene Arten angegeben, aber künstliche Apparate sind nicht zu empfehlen, weil sie im Bedürfnisfall nicht gleich bei der Hand sind. Gewöhnliche Küchenblasebälge genügen auch vollkommen zu dem Zweck. Man verfährt am besten so, dass man an die Düse des Blasebalgs einen Gummischlauch anbringt und diesen mit einem starken elastischen Katheter verbindet. Man zieht dann die Zunge des Asphyktischen stark nach außen heraus aus dem Mund; dadurch legt sich die Epiglottis nach vorn. Fährt man mit dem Zeigefinger der linken Hand in den Rachen, so kann man die Epiglottis herunterdrücken und den Katheter an dem Finger entlang einführen. Man drückt das Ende desselben stark nach unten, wobei er von selbst in den Kehlkopf gelangt. Bläst man dann Luft ein, so entweicht freilich neben dem Katheter ein Teil der Luft, aber der Druck ist noch stark genug, um die Lunge aufzublasen, und man ist um so sicherer, die Lunge nicht durch zu starken Druck zu sprengen. Man bläst etwa 15 mal in der Minute ein, indem man langsam bis 4 zählt, bei 1 den Blasebalg zusammendrückt und bei 3 ihn wieder entfaltet. Man kann auch statt des gewöhnlichen einen Kautschukblasebalg benutzen, welcher besteht aus einem elastischen Kautschukgefäß, das auf der einen Seite mit einem Ventil versehen ist, das nach innen aufgeht, und auf der andern mit einem nach außen sich öffnenden. An das letztere schließt sich ein Rohr, auf welches der Gummischlauch aufgeschoben wird. Drückt man, so geht die Luft in die Lunge, lässt man nach, so füllt sich das Gefäß wieder mit Luft. In manchen Orten gibt es für solche Unfälle sogenannte **Rettungskästen**, welche an passenden Orten aufbewahrt werden und die nötigen Geräte enthalten.

Aussaugung von Flüssigkeit aus den Lungen.

137. Es ist aber zu bemerken, dass in der Lunge Flüssigkeit sein kann. Wenn ein Mensch ins Wasser fällt, so schließt sich zuerst die Stimmritze, und der Mensch hört auf zu atmen. Wird er aber bewusstlos, so entstehen unwillkürliche Atembewegungen, so dass er

Wasser einatmet. In ähnlicher Weise atmet das ungeborne Kind bei vorzeitiger Atembewegung Ammiosflüssigkeit. Wenn reines Wasser in die Lunge eindringt, so ist das ohne alle Gefahr; die Lungenoberfläche ist so groß, dass das Wasser mit großer Schnelligkeit vom Blut resorbirt wird und verschwindet. Schlimmer ist es, wenn das Wasser verunreinigt ist mit Schlamm etc. Es wird dann auch resorbirt, aber die Verunreinigungen bleiben liegen und erzeugen ausgedehnten Bronchialkatarrh und Pneumonie. So kann es vorkommen, dass ein Mensch vom Ertrinken gerettet wird und später an der Pneumonie stirbt. Die Aufgabe, welche wir zu erfüllen haben, setzt eine freieBahn in der Trachea und den Bronchien voraus. Wenn diese mit Flüssigkeit erfüllt sind, muss man sie erst entleeren. Man hat daher empfohlen, ehe man einbläst, an dem Katheter zu saugen, um die Flüssigkeit aus den Luftwegen zu entfernen. Dies wird namentlich auch bei asphyktisch gebornen Kindern meistens notwendig sein.

Künstliche Atmung durch Thoraxbewegung.

138. Da man oft in die Lage kommen wird, künstliche Atmung einzuleiten in Fällen, wo auch diese einfacheren Apparate nicht schnell genug beschafft werden können, so ist es bei weitem besser, Verfahren anzuwenden, bei denen man die natürlichen Atembewegungen nachahmt auf eine andre Weise, indem man eine abwechselnde Erweiterung oder Verengerung des Thorax bewirkt. Man hat auch die Elektrizität zu Hilfe nehmen wollen, um durch Reizung der Atemmuskeln und des N. phrenicus die Atembewegungen künstlich hervorzurufen. Aber abgesehen davon, dass man nicht immer einen Apparat bei der Hand hat und er nicht immer gleich funktionirt, ist auch das Verfahren deswegen nicht zu empfehlen, weil man auf andre Weise viel kräftigere Respirationsbewegungen erzielen kann. Der Zweck der Atembewegungen wird durch jede regelmäßige Verengerung und Erweiterung des Thorax erreicht, gleichgiltig wie sie zu Stande kommt. Bei Mangel der Innervation der Atemmuskulatur verharrt der Thorax in einer mittleren Ruhelage, derselben, welche beim Lebenden in der sogenannten Atempause zwischen zwei Atemzügen vorhanden ist. Von dieser aus kann der Thorax erweitert und verengert werden. Erweitert man ihn, so wird Luft eingesogen, lässt man nach, so schnellt der Thorax wieder in seine Ruhelage zurück und treibt die Luft aus. Verengt man den Thorax, so wird Luft ausgetrieben; hört die Verengerung auf, so kehrt der Thorax in die Ruhelage zurück und saugt Luft ein. Man kann aber auch beides kombiniren. Man kann den Thorax aus der Ruhelage erweitern, dann nachlassen mit der Erweiterung und schließlich noch verengern. Dabei ist es gleichgültig,

auf welchem Wege dies geschieht. Das Verengern kann man sehr einfach erzielen durch Druck auf Brust und Bauchwand. Druck auf die Brust drückt, da die beweglichen Rippen nachgeben, auch die Lungen zusammen; durch Drücken auf den Bauch wirkt man auf das Zwerchfell und dadurch auf die Lungen.

139. Man kann auch das eigne Gewicht des Verunglückten anwenden. Hiervon macht man Gebrauch in dem von Marshall Hall angegebene Verfahren, welches darin besteht, dass man den Verunglückten, während man seinen Kopf durch den untergeschobenen Arm unterstützt, auf den Bauch legt, dann auf die Seite wälzt und wieder zurück. Es übt dabei die eigne Schwere des Körpers auf den Thorax einen großen Druck aus. Unterstützt man dies, indem man während der Bauchlage mit der unter den Bauch geschobenen Hand gegen die Bauchwand drückt, so wird man eine starke Verengerung des Thorax bewirken. Lässt man dann mit dem Druck nach und legt den Körper auf die Seite, so erweitert sich der Thorax. Dieses Verfahren ist jedoch sehr umständlich, kann kaum von einem einzelnen Mann durchgeführt werden und ist selbst für zwei Operateure ermüdend. Leichter und dabei dennoch sehr wirksam ist ein andres Verfahren, das von Sylvester, welches darauf ausgeht, den Thorax zu erweitern. Wenn man die Inspirationsmuskeln durchgeht, so findet man, dass auch die Muskeln, welche vom Arm an den Brustkorb gehen, unter gewissen Umständen im Stande sind, den Brustkorb zu erweitern. Es stellen die Mm. pectorales Stränge vor, welche, wenn sie bei Abduktionsstellung der Oberarme angespannt werden, die Rippen nach außen und oben ziehen und somit den Thorax erweitern. Dies wird in der Weise benutzt, dass man den Verunglückten auf den Rücken legt, den Kopf stark nach hinten gebeugt, was durch Unterschieben eines zusammengerollten Gegenstands unter den Nacken bewirkt werden kann, und dann die Arme nach oben führt, so dass sie seitwärts neben dem Kopf liegen. Das gibt eine Inspiration. Dann führt man die Arme zurück an den Thorax, und das bewirkt die Exspiration, welche man noch durch einen Druck auf Brust und Bauch unterstützen kann. Sind zwei Helfer vorhanden, so stellt sich der eine an das Kopfende des Asphyktischen und besorgt die Bewegung der Arme, während der andre zur Seite des Verunglückten stehend den Druck auf Brust und Bauch besorgt. Ist man genötigt, allein zu arbeiten, so kann man auch durch die Bewegung der Arme allein zum Ziel gelangen.

Methoden von Marshall Hall und Sylvester.

Methode von SCHULTZE für Neugeborne.

140. Bei asphyktisch gebornen Kindern genügen zuweilen leichtere oder stärkere Hautreize, einige Schläge mit der flachen Hand, Reiben oder Bürsten, um die Atembewegungen in Gang zu bringen. Man halte sich aber bei Kindern wie bei Erwachsenen niemals lange mit solchen unsichern Prozeduren auf, sondern gehe, sobald jene ohne Erfolg bleiben, schnell zu wirksameren Methoden über. Für Neugeborne, deren Thorax weich und nachgiebig ist, scheint das von B. SCHULTZE angegebene Verfahren sehr empfehlenswert zu sein. Man greife von hinten mit den Zeigefingern in die Achselhöhlen und hebe das Kind auf, so dass es an den Fingern hängt, schwenke dasselbe so, dass die Beinchen nach vorn über den mit den Daumen festgehltenen Kopf geschleudert werden und wieder nach unten hinten zurückschwingen. Dies bewirkt eine sehr beträchtliche abwechselnde Verengerung und Erweiterung des Thorax. Hat das Kind durch vorzeitige Atembewegungen Amniosflüssigkeit eingesogen, so sollte der künstlichen Atmung ein Aussaugen derselben aus der Trachea vorausgeschickt werden.

Kennzeichen der Wiederbelebung.

141. Die künstliche Atmung muss zuweilen sehr lange Zeit fortgesetzt werden, ehe man zum Ziele gelangt Man findet nämlich häufig, dass, wenn man eine kleine Pause macht, eine leichte Inspiration von selbst erfolgt, ein Beweis, dass das Blut sauerstoffreicher geworden ist und das Hirn zu wirken beginnt. Häufig lässt die Atmung aber wieder nach, sobald man die künstliche Atmung aussetzt. Man muss also fortfahren und oft sehr lange: Ein Fall von $2^1/_2$ stündiger künstlicher Atmung nach dem Verfahren von SYLVESTER mit günstigem Erfolg ist mir bekannt geworden. Eine Entzündung der Schultergelenke des so wieder zum Leben Gebrachten ist die einzige üble Folge gewesen, und diese verlor sich in einigen Tagen.

Während der ganzen Arbeit ist auf die Pupille zu achten, an der man, wenn die künstliche Atmung anfängt zu wirken, fortwährend kleine Veränderungen sieht. Durch das Zuströmen von Sauerstoff lässt die Reizung der Fasern des M. dilatator pupillae nach und umgekehrt. Die Weite der Pupille schwankt deshalb fortwährend, und daran hat man das beste Mittel zu erkennen, dass man nicht ohne Erfolg arbeitet; denn diese Schwankungen würden sich bei eingetretenem Tod nicht zeigen.

Anregung der Herzthätigkeit.

142. Voraussetzung für die Wirksamkeit der künstlichen Atmung ist selbstverständlich, dass das Herz noch schlägt, wenn auch sehr schwach wegen des Sauerstoffmangels. Man muss sich daher durch häufiges Nachfühlen auch überzeugen, ob eine Kräftigung des Herz-

schlages eintritt. In vielen Fällen wird es aber nötig sein, das Herz selber noch etwas anzuregen. Betrachten wir das Herz eines Erstickten, so finden wir den linken Ventrikel leer und den rechten ballonartig ausgedehnt, weil durch die starke Verengerung der Gefäße alles Blut dahin getrieben worden ist. Diese starke Ausdehnung des Herzens ist aber ein Hindernis für den Wiederbeginn seiner Kontraktionen. Selbst wenn die Erregung wieder beginnt, ist die Muskulatur nicht im Stande, das Blut aus dem rechten Herzen herauszutreiben. Bei erstickten Kaninchen habe ich in solchen Fällen häufig die günstigsten Erfolge erzielt, wenn ich durch Zusammendrücken des Herzens zwischen Daumen und Zeigefinger den rechten Ventrikel entleerte. Das so in die Lunge gedrängte Blut nimmt dort wieder O auf, geht in den linken Ventrikel, dieser arbeitet auch wieder, und so kann das Leben wiederkehren. Das kann man freilich beim Menschen nicht ganz so machen, aber doch einigermaßen. Man hat vorgeschlagen, das Herz zu reizen durch elektrische Ströme, durch Einstechen von Nadeln, indem man davon ausging, dass eine solche Verletzung ungefährlich sei. Und in der That eine solche Nadel lässt keine merkliche Wunde zurück, wenn sie glatt und rund ist. Sie drängt die Muskeln auseinander und diese legen sich vollkommen wieder aneinander, wenn man die Nadel entfernt. Aber es kommt doch häufig auch eine Zerrung der Wunde vor und ein Blutaustritt in den Pericardialraum, was sehr gefährlich ist, da es leicht zu einer Kompression des Herzens führt, wodurch die Herzhöhlen sich nicht mehr füllen können und der Kreislauf und mit ihm das Leben ein jähes Ende nehmen. Sicherer und weniger gefährlich ist es, die eng aneinander gelegten Finger beider Hände auf die Brust in der Gegend der Magengrube aufzusetzen und durch einen kräftigen Stoß die Bauchwand unter den Proc. xyphoides gegen das Zwerchfell und mit diesem gegen das Herz anzudrängen. Wiederholt man dies mehrmals hintereinander, so wird das Herz komprimirt und auch mechanisch gereizt und das unterstützt die Wirkung der künstlichen Atmung.

Dass für Entfernung der giftigen Gase gesorgt und das erneute Eintreten derselben in die Lungen verhütet werden muss, ist schon gesagt worden. Bei Kohlendunst- oder Leuchtgasvergiftungen hat man deshalb vor allen für schnelle und wirksame Lüftung durch Öffnen von Thüren und Fenstern zu sorgen.

Achtzehnte Vorlesung.

Die Luft in Wohnräumen.

Luftveränderung in unvollkommen abgeschlossenen Räumen. — Porosität der Wände. — Verschiedenheit der Baumaterialien. — Kohlensäure als Maß des Luftwechsels. — Bestimmung der CO_2 in der Luft. — Luftverderbnis in Wohnräumen. — Sie beruht nicht auf Anhäufung von Kohlensäure. — Auch nicht auf Sauerstoffmangel oder Wasseranhäufung. — Wahrscheinliche Natur der schädlichen Stoffe.

Luftveränderung in unvollkommen abgeschlossenen Räumen.

143. Die Menschen geben durch die Atmung fortwährend Kohlensäure ab und nehmen Sauerstoff auf. Wenn unsre Wohnräume luftdicht geschlossen wären, so könnten wir ausrechnen, welche Veränderung in der Zusammensetzung der Zimmerluft stattfinden würde im Laufe einer bestimmten Zeit. Wir brauchen nur die Zahlen des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureproduktion, wie sie durch die physiologischen Versuche festgestellt sind, der Rechnung zu grunde zu legen. Dass aber auch bei nicht vollkommenem Luftabschluss der Verbrauch an Sauerstoff und die Kohlensäureproduktion zu einer erheblichen Veränderung in der Zusammensetzung der Luft führen kann, will ich Ihnen durch einen einfachen Versuch demonstriren, bei welchem statt eines lebenden Wesens eine Flamme die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bewirken soll. Wenn ich diese Kerze anzünde, so wird sie durch Erwärmung eine Luftströmung erzeugen, welche ihr immer von unten Luft zuführt, während die Verbrennungsgase nach oben entweichen. Wenn die Bewegung der Luft in der Richtung von unten nach oben noch unterstützt wird durch einen Glaszylinder, so geht die Verbrennung womöglich noch lebhafter vor sich. Wenn ich aber den unteren glatten Rand des Zylinders auf den Teller aufsetze (Fig. 34), so wird innerhalb kurzer Zeit die Ansammlung der Kohlensäure und die Verarmung der Luft an Sauerstoff so weit fortschreiten, dass die Flamme nicht mehr brennen kann, sondern erlischt, trotzdem doch der Zylinder oben offen ist. Zuweilen freilich gelingt der Versuch nicht. Besonders wenn der Glaszylinder etwas weit ist, kommt es vor, dass die Flamme, nachdem sie durch ihr trübes Brennen den Mangel an Sauerstoff angezeigt hat, sich wieder erholt. Dies kommt aber daher, dass sich



Fig. 34.

Luftströmungen in dem Zylinder bilden, wie es die Fig. 34 zeigt. Die erwärmte Luft steigt in die Höhe hauptsächlich in der Mitte des Zylinders. Dort ist die Wärme am größten, an den äußern ist sie geringer und es sinkt deshalb an den Wänden die äußere kalte Luft herunter. Die Flamme wird deshalb trotz des untern Verschlusses mit reiner Luft versorgt und kann weiter brennen. Wenn ich die Bildung der Luftströme verhindere, indem ich auf den Zylinder eine Platte lege, die in der Mitte eine Öffnung von etwa 2 cm Durchmesser hat, so wird die Flamme schnell erlöschen.

Porosität der Wände.

144. In ganz gleicher Weise, wie in dem vorhergehenden Versuch die Flamme, würde auch das Leben in einem selbst nur unvollkommen abgeschlossenen Raume Schaden leiden. Dass dieses in unsern Zimmern nicht der Fall ist, liegt daran, dass in ihnen stets ein genügender Luftwechsel stattfindet, und dies ist nicht bloß bedingt durch die immer an Thüren und Fenstern vorhandenen Ritzen, sondern auch durch die Porosität der Mauern. In der That sind alle Baumaterialien, Holz, Steine aller Art, mehr oder minder porös und lassen Luft durch ihre Poren hindurchtreten. Pettenkofer hat, um dies nachzuweisen, folgenden Versuch angestellt: Eine Backsteinmauer (Fig. 35) von etwa $^1/_2$ qm Oberfläche und einen Stein stark, ist umgeben mit einem Gehäuse von anschließenden Eisenplatten, welche etwas über das Mauerwerk emporragen. In jeder der Platten ist eine Öffnung angebracht, mit einem Rohr verbunden. An den Rändern ist der Zwischenraum zwischen Mauern und Gehäuse durch einen luftdichten Kitt ausgefüllt. Wenn man nun in das eine Rohr bläst, so pfeift die Luft, die man hineindrückt, durch die Poren der Mauer und entweicht durch das andre Rohr, was man daran erkennt, dass man eine Kerzenflamme dadurch in Bewegung setzen, ja sogar leicht ausblasen kann.


Fig. 35.

Vielleicht ist der Eine oder der Andre von Ihnen der Meinung, der Versuch sei nicht beweisend, denn es könnte irgendwo in der Mauer ein Loch sich gebildet haben, durch welches die Luft hindurchstreiche. Man kann ihn aber auch mit einem einzelnen Backstein anstellen, welchen man luftdicht in ein Metallgehäuse einschließt,

nachdem man sich vorher von der Abwesenheit gröberer, mit dem Auge sichtbarer Löcher überzeugt hat. Man kann sich aber auch noch auf andre Weise überzeugen, dass in jener Mauer keine größeren, dieselben durchsetzenden Kanäle vorhanden sind, sondern dass ihre Durchgängigkeit auf den engen Porenkanälen beruht. Erstlich: wenn ich an die Röhren zu beiden Seiten der Mauer seitlich Manometer anbringe, so zeigt sich beim Durchblasen von Luft stets eine Differenz in den Manometerständen, welche um so größer ist, je kleiner die Oberfläche der Mauer ist und welche beweist, dass die engen Porenkanäle dem Durchgange der Luft einen gewissen Widerstand entgegensetzen, der natürlich von ihrer Weite und Länge und der Anzahl der Porenkanäle abhängt. Zweitens: ich verbinde das eine Seitenrohr der Mauer mit der Gasleitung und lasse unter dem in unsrer Leitung vorhandenen Druck Leuchtgas in den Raum einströmen. Wäre irgendwo ein Loch, welches die leichte Durchgängigkeit bewirken würde, so würde das Gas schnell hindurchtreten und ich könnte es an der andern Seite sofort entzünden. Aber das ist nicht möglich, denn das Leuchtgas dringt durch die engen Poren sehr langsam durch und muss erst die in denselben enthaltene Luft verdrängen. Daher finden wir, dass das Gas reine Luft vor sich her treibt, welche die vor die Mündung des zweiten Rohrs gestellte Kerzenflamme ablenkt, dass es ziemlich lange dauert, bis die Luft verdrängt ist und soviel Leuchtgas ausströmt, dass es sich an der Kerzenflamme entzündet und eine große leuchtende Flamme gibt, welche auch nach Entfernung der Kerze weiterbrennt. Trotzdem die Poren sehr eng sind, kann die Mauer leicht durchdrungen werden, weil bei der großen Oberfläche viele solcher Kanäle da sind, so dass, wenngleich durch jeden nur wenig hindurchgeht, die gesamte Menge von Gas, welche durchgetrieben werden kann, eine ziemlich beträchtliche ist. Wenn man nun eine Zeit lang in dieser Weise Gas hindurchgetrieben hat und man dreht den Hahn ab, so stecken die Poren der Mauer voll Leuchtgas. Wenn ich nun jetzt wieder Luft durch die Mauer hindurchblase, so verdrängt diese langsam das Leuchtgas aus den Poren. Ich kann dieses entzünden und erhalte, wie Sie sehen, eine große leuchtende Flamme, welche nachher, wenn schon viel atmosphärische Luft beigemischt ist, blau brennt und zuletzt erlischt.

Verschiedenheit der Baumaterialien. **145.** Diese Porosität der Mauern ist in Rechnung zu ziehen, wenn wir uns über die Vorgänge innerhalb eines bewohnten Raumes Aufschlüsse verschaffen wollen. Wollen wir diese genau kennen lernen, so müssen wir uns eine Vorstellung verschaffen, wie viel

Raum innerhalb eines gegebenen Baumaterials z. B. eines Backsteins von den Poren eingenommen wird. Die einfachste Art, wie man sich darüber wenigstens annähernden Aufschluss verschafft, ist die, dass man das Gewicht des Steins bestimmt, ihn in Wasser legt, bis er sich vollgesogen hat, und ihn wieder wägt. So findet man aus der Gewichtszunahme den gesamten Rauminhalt aller seiner Poren. Die verschiedenen Materialien zeigen in dieser Beziehung sehr große Unterschiede: Am dichtesten sind Kalksteine, viel weniger dicht Sandsteine, welche wiederum je nach ihrem Vorkommen sehr verschieden sind. Die Backsteine sind verschieden je nach der Natur des Thons und des Brennprozesses. Verglasen sie dabei teilweise, so sind sie sehr dicht, wenn nicht, so sind sie porös. Holz ist porös und zwar ist die Porosität sehr verschieden, z. B. bei leichten Hölzern wie Linden etc. größer als bei schweren, wie Buchen. Außerdem ist zu bemerken, dass Holz der Richtung der Fasern leichter durchgängig ist, als in der Richtung senkrecht auf diese.

Wie leicht durchgängig für Luft Holz sein kann, hat CHRISTIANI gezeigt. Wenn man einen Zylinder aus Buchsbaumholz dreht mit der Richtung der Fasern der Länge nach und schließt diesen luftdicht in ein Rohr ein, so ist das Holz so durchgängig, dass, wenn man einen luftdicht schließenden Stempel auf der einen Seite in dem Rohr hin und her schiebt und auf der anderen Seite ebenfalls einen solchen anbringt, dieser die Bewegungen des ersteren in entsprechender Weise mitmacht, weil die Luft fast ohne Hindernis durch die Poren des Holzes geht.

Kohlensäure als Maß des Luftwechsels.

146. Man hat festgestellt, dass ein Mensch im Lauf einer Stunde etwa 20 Ltr. Kohlensäure an die Luft abgibt und ungefähr ebensoviel Sauerstoff oder etwas mehr verbraucht. In 24 Stunden produzirt ein erwachsener Mensch etwa 900 g Kohlensäure oder dem Volum nach etwa 480 Liter. Außerdem gibt ein Mensch in einer Stunde circa 20—25 g Wasserdampf ab. Wir würden also, wenn der Mensch in einem fest verschlossenen Raum sich aufhielte, berechnen können, wie sich die Zusammensetzung der Luft von Stunde zu Stunde ändern müsste. Wenn aber die Wände nicht luftdicht schließen, so wird ein Teil der Kohlensäure durch die Poren entweichen können und der Sauerstoff, welcher verbraucht wird, wird teilweise ersetzt werden von außen. Man wird also nach Verlauf einer Stunde nicht 20 l Kohlensäure finden sondern weniger; und aus der Bestimmung derselben, werden wir dann Rückschlüsse ziehen können auf den Grad des Luftwechsels, der stattgefunden hat.

Bestimmung der CO_2 in der Luft.

147. Bei der Wichtigkeit dieser Frage ist es daher nötig eine einfache Methode zu haben, durch welche man im stande ist, die Menge von Kohlensäure schnell zu bestimmen, und diese hat PETTENKOFER in ähnlicher Weise, wie bei der Grundluft ausgearbeitet: Man nimmt einen Kolben, dessen Rauminhalt man vorher genau bestimmt hat, indem man ihn leer auf die Wagschale bringt, dann, nachdem er gewogen, mit Wasser füllt und wieder wägt. Will man nun die Luft eines Raumes untersuchen, so steckt man in den Kolben ein Rohr bis auf den Boden und treibt durch einen Blasebalg Luft ein. Der Blasebalg treibt die Luft des Raumes in den Kolben, und wenn man lange genug bläst, so hat die Luft in dem Kolben dieselbe Zusammensetzung, wie die des Raums. Um nun die Menge der im Kolben enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen, bringt man in denselben eine gemessene Quantität Barytlösung, verschließt ihn und schüttelt. Wenn die Luft reich an Kohlensäure ist z. B. weil viele Menschen im Raume geatmet haben, so wird sich die Lösung stark trüben. Man braucht jetzt nur durch Titrirung festzustellen, wie viel Kohlensäure dieselbe aufgenommen hat. Man wendet dabei die Oxalsäuretitrirmethode an, welche wir schon bei der Untersuchung der Grundluft (§ 31 ff.) kennen gelernt haben. Man nimmt gewöhnlich mit Rosolsäure rot gefärbte Barytlösung. Wenn die Lösung alle Kohlensäure aufgenommen hat, lässt man von der titrirten Oxalsäurelösung zufließen bis die Entfärbung eingetreten ist. Man titrirt dann auch eine Probe der normalen Lösung und die Differenz gibt den Gehalt an Kohlensäure. Nehmen wir nun an, wir finden 0,12 % Kohlensäure in der Luft eines von Menschen dicht besetzten Zimmers z. B. eines Hörsaals. Aus der Berechnung der von den Menschen während ihres Aufenthalts abgegebnen Kohlensäure aber ergäbe sich, unter der Voraussetzung, das Zimmer wäre luftdicht abgeschlossen, das doppelte; dann muss also die Hälfte offenbar wieder entwichen sein, und das konnte nur durch die Undichtigkeiten der Thüren und Fenster sowie durch die Poren der Wände geschehen.

Luftverderbnis in Wohnräumen.

148. Es ist eine allgemein bekannte Erscheinung, dass trotz dieses Luftwechsels in Räumen, in denen sich viele Menschen aufhalten, man sehr häufig durch den eigentümlichen Geruch belästigt wird, welcher herrührt von einer unbekannten Substanz, die als Gift angesehen werden muss. Empfindliche Menschen können dadurch zu Kopfweh, Schwindel, Erbrechen veranlasst werden. Dass derartige Substanzen, wenn sie in der Luft vorhanden sind und immer wieder eingeatmet werden, wie bei Bewohnern schlechter Wohnräume, schaden

müssen, scheint selbstverständlich und eine Anzahl von Krankheitserscheinungen, welche bei der armen Klasse der Bevölkerung auftreten, scheint dafür zu sprechen, dass dem so ist.

149. Nun ist gewöhnlich die Meinung verbreitet, dass diese Schädlichkeit von der Kohlensäure herrühre, welche die Menschen ausatmen oder von der Verringerung des Sauerstoffs in der Luft. Dass dies nicht richtig sein kann, geht aus einer einfachen Berechnung hervor, abgesehen davon, dass die Kohlensäure geruchlos ist: Nehmen wir ein kleines Zimmer an von 3 m Breite, 3 m Höhe und 5 m Länge = 45 cbm Inhalt; in diesem würden also 45000 l Luft vorhanden sein. Angenommen es befinden sich 3 Menschen darin, so würde auf jeden 15000 l Luft kommen, wovon $^1/_5$, also 3000 l Sauerstoff wären. Angenommen, der Raum sei ganz luftdicht verschlossen. Nach 5stündigem Aufenthalt hätte jeder Mensch abgegeben etwa 100 l Kohlensäure und verbraucht etwas mehr, sagen wir 120 l Sauerstoff. Es müsste also der Kohlensäuregehalt der Luft zugenommen haben in dem Verhältnis von 100 : 15000 oder 0,6 %. Und da schon in der normalen Luft etwa 0,03 — 0,04 % CO_2 vorhanden sind, so wäre am Schluß der 5ten Stunde der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft gestiegen auf 0,63 — 0,64 % Kohlensäure. Dies alles unter der abnormen Voraussetzung, dass gar kein Luftwechsel stattfindet. Nun wissen wir aber, dass die Kohlensäure der Luft in sehr viel bedeutenderer Menge ohne Schaden beigemischt sein kann. Man findet in der That, wie wir gesehen haben, viel größere Kohlensäuremengen in chemischen Laboratorien, in Kellern, in denen Most gärt, in Badezellen der kohlensäurereichen Thermalwässer, ohne dass dies für schädlich gilt. Ja wir haben sogar gefunden, dass reine Kohlensäure der Luft bis zu 10 % und darüber beigemischt werden kann, ehe sie dem Leben gefährlich wird. Wenn trotzdem Zimmerluft uns unter den erwähnten Umständen, sogar da, wo von luftdichtem Abschluss keine Rede ist, die Kohlensäureansammlung also noch geringer ausfällt, den Eindruck das Verdorbenseins macht, so folgt, dass die Kohlensäure daran unschuldig sein muss und dass die eigentümliche giftige Substanz anderswo zu suchen sei.

Sie beruht nicht auf Anhäufung von Kohlensäure.

150. Ganz dieselbe Betrachtung können wir auf den Sauerstoffverbrauch in geschlossenen Räumen anwenden. In unserm obigen Beispiel würde der Sauerstoffvorrat des luftdicht abgesperrten Raums etwa um 0,8 % abgenommen haben. Wir wissen aber, dass wir in Luft, welche nur 10 % Sauerstoff enthält, ohne Schaden längere Zeit leben können; erst bei einer Abnahme bis auf 6 % wird das Atmen

Auch nicht auf Sauerstoffmangel oder Wasserausscheidung.

beschwerlich und bei längerer Dauer gefährlich. Solche Abnahme kommt in Räumen, die von Menschen bewohnt werden, niemals vor.

Auch die Wasserabgabe, welche allerdings unter Umständen dazu führen kann, die Zimmerluft ganz mit Wasserdampf zu sättigen, kann der Luft eine schädliche Beschaffenheit nicht geben, wie wir schon früher (§ 121) auseinandergesetzt haben. Es werden aber von der Lunge und noch viel mehr von der Haut, freilich in geringer Menge, andre Substanzen abgesondert, welche flüchtig oder gasförmig sind und sich deshalb der Zimmerluft beimischen.

Wahrscheinliche Natur der schädlichen Stoffe.

151. Es ist noch nicht ausgemacht, ob gasförmiger Stickstoff ausgeschieden wird. Jedenfalls kann es nur in den allergeringsten Spuren geschehen und wahrscheinlich ist es nicht reiner Stickstoff, sondern N haltige Verbindungen, wie man aus gewissen Anzeigen schließen kann, sogenannte Amine oder dem Ammoniak ähnliche Basen in denen N mit einem oder mehreren sogenannten Alkoholradikalen verbunden ist. Denken Sie sich in dem Ammoniak NH_3 ein H durch das Radikal CH_3 ersetzt, so haben Sie die Verbindung CH_3 NH_2 (Methylamin). Solche organische Ammoniake geben im Wesentlichen dieselben Reaktionen wie gewöhnliches Ammoniak. Geringere Spuren von diesem kann man erkennen durch das Nessler'sche Reagens d. i. eine Lösung von Quecksilberjodidkalium in alkalischer Flüssigkeit. Dieses Reagens, welches wasserhell aussieht, hat die Eigenschaft mit der geringsten Spur von Ammoniak sich gelb zu färben oder bei größeren Mengen einen gelbbraunen Niederschlag zu bilden. Wenn man nun die Exhalationen der Lunge in einem Kolben kondensirt, dadurch dass man einen großen Kolben in Eis einpackt, in denselben ein Rohr einsenkt bis auf den Boden und hineinatmet, so färbt sich die Lösung mit dem Nessler'schen Reagens gelb. Es ist zwar bestritten worden, dass diese Stoffe wirklich aus der Lunge stammen. Nach Kühne kommt aber auch in der Lungenluft unzweifelhaft Ammoniak oder doch Substanzen, welche die gleiche Reaktion geben, in Spuren vor, denn wenn man einem Tier eine Kanüle in die Luftröhre einbindet und die Exspirationsluft durch eine Flasche mit Nessler'schem Reagens streichen lässt, so bekommt man eine Färbung. Hauptsächlich gibt aber die Haut Ammoniak oder Ammoniakähnliche organische Verbindungen ab. Unter den mannigfachen Stoffen, welche die Haut absondert aus den Talg- und Schweißdrüsen und den Zersetzungsprodukten, welche aus diesen Stoffen bei längerem Verweilen auf der Haut entstehen, namentlich bei unreinlichen Menschen, scheinen solche ammoniakartige stickstoffhaltige Substanzen vorzu-

kommen und vielleicht sind es diese, welche das vorher bezeichnete giftige Agens abgeben, das sich durch den Geruch bemerklich macht und schädlich einwirkt, eine Substanz, welche, weil wir sie nicht genauer kennen mit keinem Namen belegt werden kann; DUBOIS-REYMOND bezeichnete sie als Menschengift, Anthropotoxin. Zu diesem Sekret, welches flüchtig sein muss, um sich der Luft beizumischen, kommen dann jedenfalls noch viele andere schädliche Substanzen, die gar nicht physiologischer Natur sind. Ausdünstungen nasser Kleider, schmutziger Stiefel u. d. g., welche mit jenen physiologischen zusammen jenen penetranten Geruch abgeben, welcher Ihnen aus Ihrer poliklinischen Praxis als spezifische Eigentümlichkeit gewisser Armenwohnungen gewiss bekannt ist. Zu den physiologischen können wir noch rechnen die Darmgase, welche gelegentlich abgegeben werden. So lange alle diese Stoffe und insbesondre diejenigen unter ihnen, welche gesundheitsschädlich sind, noch unbekannt sind, ist es auch unmöglich, sie quantitativ zu bestimmen.

Neunzehnte Vorlesung.

Ventilation.

Empirische Grenze der Luftverderbnis. — Kohlensäure kein zuverlässiger Maßstab. — Ursachen des Luftwechsels. — Natürliche und künstliche Ventilation. — Luftkubus. — Berechnung der notwendigen Ventilation. — Ventilation durch Temperaturdifferenz. — Ventilationsschlöte. — Gefahren der natürlichen Ventilation. — Notwendigkeit besondrer Lufteintrittsöffnungen. — Verhütung des Eintritts von Kloakengasen in die Wohnräume. — Wasserverschlüsse.

Empirische Grenze der Luftverderbnis.

152 Wegen der Unmöglichkeit, die unbekannten Luftverderber unmittelbar nachzuweisen, ist PETTENKOFER auf den Ausweg verfallen, empirisch festzustellen, bei welchem Gehalt an Kohlensäure in der Luft nach dem Urteil unbefangener Menschen die Luft als verdorben anzusehen sei. Er ging in überfüllte Wohnungen, Schulzimmer etc. wo alle diese schädlichen Agentien zusammenwirken, und wenn er dann mit der Nase fand, dass die Luft schlecht roch, und empfand, dass sie auf ihn schädlich einwirkte, so machte er eine Analyse der Luft und bestimmte die Kohlensäure. Unter der Voraussetzung, dass in dieser Luft aus andern Quellen keine Kohlensäure entstehen konnte, kann ein nachgewiesener Überschuss von Kohlensäure nur von den Menschen herrühren. Gleichzeitig mit der Exhalation der Kohlensäure wird die Luft von den Menschen durch die andern uns unbekannten Stoffe verpestet; aber ein gewisser Zusammenhang muss da sein, denn beides wird proportional der Zeit und der Anzahl von Menschen gleichmäßig fortschreiten. Deshalb, sagt PETTENKOFER, kann man das Quantum Kohlensäure als Maßstab für die Verderbnis der Luft an jenen unbekannten Agentien annehmen. Durch seine Versuche kam PETTENKOFER zu dem Schluss, dass, wenn eine Luft 0,6 ‰ Kohlensäure enthalte, sie nicht mehr als ganz normal angesehen werden könne; ist aber der CO_2-Gehalt bis auf 1 ‰ gestiegen, dann sei die Verpestung ganz ausgesprochen. Die Kohlensäure dient also nur als Maßstab für die Verderbnis der Luft durch die unbekannten Agentien; an sich ist sie durchaus unschädlich und Kohlensäure aus andern Quellen hat gar nichts zu thun mit der Verderbnis der Luft.

153. Aus dem Gesagten geht schon hervor, dass wir in der Kohlensäurebestimmung nur ein unvollkommenes Mittel besitzen, die Luftverderbnis zu messen. Erstlich atmen saubere Menschen, welche Sorgfalt auf die Pflege ihrer Haut verwenden, ebensoviel Kohlensäure aus als Unreinliche, während letztere die Luft in viel höherem Grade verderben. Zweitens gibt es in den Aufenthaltsräumen der Menschen häufig noch andre Kohlensäurequellen, deren Kohlensäureproduktion nicht mit einer proportionalen Luftverderbnis einhergeht. Dies gilt besonders von Flammen, welche der Beleuchtung wegen brennen. Gut brennende Lampen erzeugen nur Kohlensäure und Wasser; schlecht brennende können weniger CO_2 produziren und doch schädlicher wirken durch Abgabe unvollständig verbrannter Kohlenstoffverbindungen, so dass sich also bei ihnen das Verhältnis zwischen CO_2-produktion und Schädlichkeit geradezu umgekehrt verhält wie beim Menschen. Drittens gibt es noch andere Arten der Luftverderbnis ohne gleichzeitige CO_2-produktion z. B. die Entwicklung von Staub oder schädlichen Gasen in Fabrikräumen, die Ausdünstungen nasser Kleider und Stiefel u. d. g. Viertens endlich sind es nicht bloß die Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Luft, sondern auch die in ihrer physikalischen Beschaffenheit, z. B. eine beträchtliche Erhöhung der Temperatur, welche schädlich wirken können, zumal wenn sie mit einem hohen Feuchtigkeitsgrad zusammenfallen. Trotzdem bleibt die Kohlensäurebestimmung wertvoll, denn sie gibt uns ein sicheres Mittel, das Maß des vorhandenen Luftwechsels zu erkennen.

Kohlensäure kein zuverlässiger Maßstab.

Wir wollen annehmen, wir hätten einen gegebenen Raum zu untersuchen z. B. diesen Hörsaal. In demselben befinden sich seit einer Stunde eine bekannte Anzahl Menschen, sagen wir 60; dieselben haben also produzirt 1200 Liter Kohlensäure. Es brennen ferner hier drei große Gasbrenner, und von diesen wollen wir annehmen, dass sie in einer Stunde 100 Liter Kohlensäure produziren. Das macht zusammen 1300 Liter. Der Rauminhalt des Saals ist = 400 Kubikmeter oder 400 000 Liter. Diese 400 000 Liter Luft enthielten schon vor Beginn der Vorlesung etwas Kohlensäure, nämlich 0,04 % oder 160 Liter. Wir hätten also im Ganzen 1460 l CO_2 in 400 000 l Luft d. i. 0,365 %. Wenn wir aber die Bestimmung vornehmen, so finden wir viel weniger, nur 0,06 %.

154. Woher kommt es nun, dass ein Teil der Kohlensäure entwichen ist? In der Regel wird in dem Raum die Temperatur abweichend sein von der Außentemperatur. Die Menschen sind Wärmequellen und auch wenn anfangs die Luft im Raum dieselbe Temperatur

Ursachen des Luftwechsels.

gehabt hätte wie außen, so würde sie gestiegen sein. Auch aus andern Gründen, im Winter namentlich wegen der Heizung sind Temperaturverschiedenheiten vorhanden und diese haben eine Bewegung der Luft zur Folge: Wenn wir eine Flamme, die eine Erwärmung der Luft bewirkt, in solche Verhältnisse bringen, dass wir die Bewegung beobachten können, z. B. indem wir einen Zylinder lose über die Flamme halten, dann können wir leicht nachweisen, dass sich eine Strömung bildet. Die Luft im Zylinder wird erwärmt, ausgedehnt und der Überschuss weicht nach den Seiten aus. Innerhalb des Zylinders haben wir dann Luft von einer geringern Dichtigkeit als in dem Zimmer; folglich kann kein Gleichgewicht herrschen, die dichtere Luft muss in den Zylinder eindringen, wird ihrerseits erwärmt, kann wieder abströmen; so kommt es, dass fortwährend Luft unten ein- und oben austritt. Bringt man eine seitliche Öffnung in dem Zylinder an, so wird für die Luftsäule zwischen dieser Öffnung und der obern Mündung dieselbe Betrachtung angestellt werden können. Denkt man sich nun eine größere Zahl von Öffnungen, also eine poröse Wandung als Begrenzung des wärmeren Raums, so muss durch jede dieser Poren eine Strömung sich bilden. Wenn der Zylinder oben auch mit einer porösen Decke versehen wäre, so würde das die Strömung zwar behindern aber nicht aufheben. Wir sehen also, wie durch die Temperaturdifferenz zwischen der in dem Zylinder enthaltenen und der äußeren Luft eine andauernde Strömung unterhalten und wie durch diese die im Zylinder erzeugte Kohlensäure zum Teil fortgeführt werden muss. Dasselbe gilt aber auch für jedes Zimmer, wenn die Luft in demselben wärmer ist als draußen, was wenigstens in einem großen Teil des Jahres der Fall zu sein pflegt.

Wäre (was sehr selten der Fall ist) eine vollständige Temperaturgleichheit zwischen der Luft des Zimmers und der Außenluft vorhanden, so würde eine langsame Ausgleichung der Zusammensetzung der Innen- und Außenluft durch Diffusion eintreten können. Das würde freilich einen wenig ergiebigen Luftwechsel darstellen. Dagegen können bei vorhandener Temperaturgleichheit aus andern Gründen Druckdifferenzen zwischen Außen- und Innenluft entstehen, welche wirksamer sind. Wenn z. B. der Wind senkrecht auf eine Mauer bläst, so muss er offenbar einen Druck ausüben und ein Teil der Luft wird hineingedrückt werden. Weht der Wind schief auf die Mauer, so kann man die Druckwirkung in Komponenten zerlegen, von denen die eine den Druck auf die Mauer darstellt. Weht der Wind parallel zur Mauer, so kann dadurch eine Luftverdünnung

bewirkt werden, welche Luft nach außen absaugt, wie wir später noch sehen werden.

155. Alle Umstände, welche in der einen oder der andern Weise einen Luftwechsel in geschlossenen Räumen bewirken, bezeichnen wir als Ventilation u. z. unterscheiden wir zwischen natürlicher und künstlicher Ventilation, indem wir unter jener den ohne unser Zuthun vorhandenen, durch zufällige Umstände (Temperaturdifferenz, Wind u. s. w.) bewirkten Luftwechsel verstehen, unter künstlicher Ventilation aber den durch irgend welche beabsichtigte Einrichtung herbeigeführten. Natürliche und künstliche Ventilation.

So lange die Luftbewegung nur durch die Poren der Wände stattfindet, hat sie sehr große Widerstände zu überwinden; diese werden geringer sein bei irgendwelchen größern Öffnungen. Daher werden Lücken und Spalten an Fenstern und Thüren zu viel stärkeren Luftströmungen Veranlassung geben und wenn Thüren und Fenster gar geöffnet werden, wird der Luftwechsel sehr bedeutend sein. In der That ist dieser so erheblich, dass, wenn man in einem überfüllten Schulzimmer während der Pause die Fenster öffnet, man sehr leicht die Erneuerung der Luft konstatiren kann. Wenn man eine Luftanalyse macht vor dem Öffnen der Fenster und nachher, so findet man den Kohlensäuregehalt beträchtlich herabgesetzt. Fleißiges Lüften durch Öffnen der Fenster bleibt deshalb immer eines der einfachsten und wirksamsten Ventilationsmittel.

156. Je größer ein Raum ist im Verhältnis zu der Zahl der sich darin aufhaltenden Menschen, desto langsamer wird die Luft in demselben sich verändern. Und wenn die vorhandene (natürliche oder künstliche) Ventilation ausreicht, so kann die Veränderung innerhalb so enger Grenzen bleiben, dass die Luft niemals schädlich wird. Dividirt man den Rauminhalt eines Zimmers durch die Zahl der Menschen, so erhält man die auf jeden Menschen kommende Luftmenge, den sogenannten Luftkubus. In unserm Hörsaal z. B. ist bei voller Besetzung (86 Personen) der Luftkubus nicht ganz 5 cbm. In den preußischen Kasernen ist der Luftkubus auf 13 cbm normirt, für die Wohnräume, 18 cbm für die Schlafräume; in dem bayrischen Kadettenhause sollen im Studirsaal 20 cbm auf jeden Zögling kommen; im Kadettenhause zu Lichterfelde bei Berlin treffen auf jeden Zögling 25 cbm. In Krankenhäusern soll der Luftkubus mindestens 33 cbm betragen. Luftkubus.

Bei dieser letzteren Zahl ist schon auf die Ventilation Rücksicht genommen. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass man durch

Ventilation die Luft eines Zimmers nicht gut mehr als 3 mal in der Stunde erneuern kann, und dass für jeden Kranken mindestens 100 cbm Luft in der Stunde zugeführt werden müssen. Daraus ergibt sich dann als minimaler Luftkubus 33 cbm.

Berechnung der notwendigen Ventilation.

157. Um aber die Größe der notwendigen Ventilation zu berechnen, haben wir folgende Anhaltspunkte. Ein Mensch atmet in der Stunde 20 l CO_2 aus; der CO_2-gehalt der Luft soll nicht über 0,6 % steigen; die zugeführte frische Luft enthält schon 0,04 % CO_2. Wir erhalten hiernach folgende Proportion:

$$1000 : 0{,}6 = x : 0{,}02 + 0{,}0004\,x$$
$$x = 100.$$

Das heißt: wenn man wünscht, dass der Kohlensäuregehalt in einem Raum durch den Zuwachs, welcher von der Atmung der Menschen herrührt, niemals über 0,6 % steigen soll, dann muss man pro Stunde und Kopf 100 cbm Luft zuführen. Umgekehrt, wenn man findet, dass in einem Raum, in welchem Menschen atmen, aber sonst keine Kohlensäurequelle vorhanden ist, der Kohlensäuregehalt auf 0,6 % steigt und sich auf dieser Höhe hält, so kann man daraus folgern, dass pro Kopf und Stunde 100 cbm Luft durch den Raum streichen. Multiplizirt man diese Zahl mit der Zahl der Menschen, so weiß man, wieviel Kubikmeter Luft im Ganzen innerhalb einer Stunde durch das Zimmer hindurchgehen. Man nennt die so gefundene Zahl den Ventilationskoeffizienten des Raums. Es bleibt dabei vollkommen unerörtert, durch welche Mittel diese Ventilation zu Stande kommt.

Die Grenze 0,6 ist gewählt worden aus der Erfahrung. Wenn man für kürzere Zeit Leute in einem Raum vereinigt, so kann man die Grenze höher setzen. In vielen Fällen kann man in die Proportion 1,0 einsetzen statt 0,6. Man erhält dann x = 33,3; das würde aber das Minimum sein, was man von der Ventilation verlangen sollte. Diese Angaben stimmen überein, mit den von General Morin erhobenen, wonach die Ventilation betragen soll im Minimum für Kasernen 30–50, Theater, Versammlungssäle 60, für Krankenzimmer 100–150 cbm pro Kopf und Stunde.

Ventilation durch Temperaturdifferenz.

158. Das wirksamste Mittel für die natürliche Ventilation bleibt immer die Temperaturdifferenz zwischen der Luft der Zimmer und der Außenluft. Je größer diese Differenz und je höher das Zimmer ist, desto größer ist der Gewichtsunterschied zwischen einer Luftsäule im Zimmer und einer gleich hohen Luftsäule der Außenluft. Es sei (Fig. 36) A B C D ein vertikaler Schnitt durch ein Zimmer,

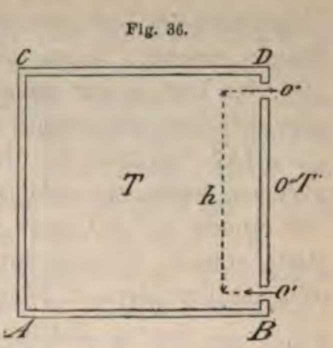


Fig. 36.

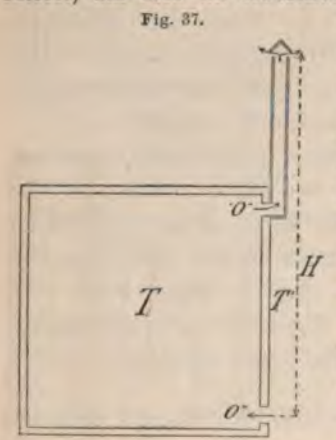
BD die Außenwand und in dieser seien unten am Fußboden und oben an der Decke zwei Öffnungen, o' und o", vorhanden. Der vertikale Abstand dieser Öffnungen, welche wir der Zimmerhöhe gleich setzen können, sei h, die Temperatur der Zimmerluft sei T, die der Außenluft T' u. z. sei T > T'. Es wird, wie die Pfeile anzeigen, kalte Luft durch die untere Öffnung eintreten, warme Luft durch die obere Öffnung austreten. Wenn die eintretende Luft durch eine im Zimmer vorhandene Wärmequelle immer wieder auf die Temperatur T gebracht wird, so bleibt die Luftbewegung konstant. Die Kraft, welche diese Luftbewegung bewirkt, und demgemäß die Menge der bewegten Luft muss proportional sein dem Produkt h (T—T'). Denken wir uns in der Mitte zwischen o' und o" noch eine dritte Öffnung o"', so würde durch diese Luft weder ein- noch austreten, da ihr Verhältnis zu o' gerade das entgegengesetzte sein würde wie zu o". Wären aber in dieser Höhe zwei Öffnungen vorhanden, so würde durch die eine Luft einströmen können wegen der Höhendifferenz zu o", durch die andre ausströmen wegen der Höhendifferenz zu o'. Da aber diese Höhendifferenz je $= \frac{h}{2}$ ist, so bliebe der Gesammteffekt ungeändert. Denken wir uns jetzt die ganze Wand siebartig von feinen Löchern durchsetzt, wie sie es wegen der Porosität der Mauern wirklich ist, so können wir folgern, dass durch die untere Hälfte der Wand Luft ein-, durch die obere Hälfte der Wand Luft austritt. Dies ist auch unter den vorausgesetzten Umständen wirklich der Fall, aber wegen der geringen Geschwindigkeit der Strömung nicht leicht nachzuweisen. Sobald man aber etwas größere Öffnungen anbringt, in denen die Widerstände durch Reibung viel geringer sind als in den Porenkanälen, dann strömt die Luft durch diese Öffnungen und dann ist der Nachweis leicht z. B. durch die Ablenkung einer Kerzenflamme zu führen.

Aus Gründen, welche ich nicht weiter erörtern kann, liegt die Grenze zwischen dem unteren Abschnitt, durch welchen die Luft einströmt, und dem oberen Teil, durch welchen die Luft ausströmt, bei porösen Zimmerwänden nicht gerade in der halben Höhe des Zimmers, sondern tiefer. Nichts desto weniger werden wir keinen großen Fehler begehen, wenn wir annehmen, dass die wirksame Höhe

in diesem Falle ungefähr gleich $^1/_2$ h sein. Aber der Effekt der so durch die Temperaturdifferenz T — T' bewirkten Luftbewegung wird wesentlich vermindert durch den beträchtlichen Reibungswiderstand, welchen die Luft bei ihrer Bewegung durch die engen Porenkanäle der Wand erfährt. Dieser Widerstand wird um so größer sein, je dichter das Baumaterial und je dicker die Wand ist.

Man kann die Höhe der Zimmer und die Temperatur in denselben nicht ins Unbegrenzte steigern, um diese Art von natürlicher Ventilation ergiebiger zu machen. Es gibt aber ein sehr einfaches Mittel, um dies zu erreichen. Denken wir uns (Fig. 37) die obere Öffnung der Zimmerwand (o") in Verbindung gesetzt mit einem vertikalen Rohr, welches bis zu beliebiger Höhe hinaufgeführt sei. Die warme Zimmerluft wird in dieses Rohr gelangen. Die für die Druckdifferenz der warmen Zimmerluft und kalten Außenluft maßgebende Höhe, von welcher die Größe der Ventilation abhängt, ist jetzt gleich *H* und kann durch Erhöhung des Ansatzrohrs auf jede wünschenswerte Größe gesteigert werden.

Fig. 37.



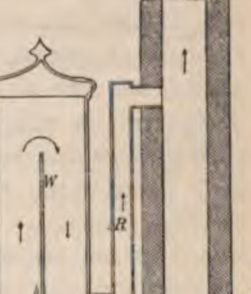
Ventilationsschlöte. 159. Es ist aber ganz gleichgiltig, an welcher Stelle dieses Ansatzrohr abgeht. Es wird sich besser an einer innern Zimmerwand oder innerhalb derselben durch Aussparung eines vertikalen Kanals im Mauerwerk, wie man die Rauchschlöte der Öfen anlegt, anbringen lassen. Auch ist es gar nicht nötig, dass die Verbindung zwischen diesem Ventilationsschlot, wie wir das Rohr vorläufig nennen wollen, und dem Zimmer in der Nähe der Zimmerdecke sich befinde; sie kann in beliebiger Höhe, auch nahe dem Fußboden sein. Es kommt nur darauf an, dass eine hinreichend hohe Luftsäule vorhanden ist, welche durch ihre Wärme und das dieser entsprechende geringere spezifische Gewicht die Luftbewegung verursacht. Auch die Zutrittsöffnung für die Außenluft kann in diesem Falle an einer beliebigen Stelle angebracht werden, auch dicht unter der Zimmerdecke. Wir erhalten dann etwa die Verhältnisse, wie sie Fig. 38 veranschaulicht. Die Luft tritt durch die Öffnung o' ein und ersetzt die durch o" in den Schlot abziehende Zimmerluft. Die Stärke der Bewegung wird in diesem Falle hauptsächlich bedingt sein, durch

die Höhe und die Temperatur der Luftsäule in dem Ventilationsschlot.

Fig. 38.

Bedingungen, wie wir sie hier voraussetzen, sind gegeben, wenn ein Kamin oder Ofen vom Zimmer aus geheizt wird, wie es ja in der Regel geschieht. Bei der Anordnung z. B., welche Fig. 39 darstellt, steht der Ofen durch die Feuertür f oder, wenn diese geschlossen ist, durch die Thür t mit dem Zimmer in Verbindung. Die hier eintretende Luft dient zur Verbrennung, und die heißen Verbrennungsgase ziehen durch den Rauchfang oder Schlot ab, welcher also, so lange das Feuer brennt, stets mit Gasen von sehr hoher Temperatur erfüllt ist. Er stellt daher, besonders wenn er hoch ist, einen sehr wirksamen Ventilationsschlot dar, welcher die Zimmerluft absaugt, während Luft von außen durch die vorhandenen Öffnungen oder Poren eindringt.

Fig. 39.



Gefahren der natürlichen Ventilation.

160. Man pflegt diese Art der Ventilation, da sie durch die Heizung nebenbei bewirkt wird, mit zu der natürlichen Ventilation zu rechnen, obgleich sie sich im Prinzip nicht von gewissen Vorkehrungen unterscheidet, welche man absichtlich zu Ventilationszwecken trifft und daher zur künstlichen Ventilation rechnen muss. Für unsre Wohnzimmer ist diese ventilirende Wirkung der Öfen um so bedeutsamer, als sie gerade in der kalten Jahreszeit zur Geltung kommt, wo man weniger durch Öffnen der Fenster für öftere Lufterneuerung Sorge tragen kann. So nützlich aber an und für sich die Ventilation sein mag, so kann doch gerade diese Ofenventilation unter Umständen nicht bloß schädlich, sondern geradezu gefährlich werden.

Man denke sich einen Raum, wie ihn Fig. 38 vorstellt, aber die Lufteintrittsöffnung o' sei nicht vorhanden. Der Ventilationsschlot, durch einen Ofen oder Kamin geheizt, saugt Luft aus dem

Zimmer ab, wodurch der Druck in dem Zimmer etwas vermindert wird. Alle Luft, welche das Zimmer umgibt, wird daher nach dem Zimmer angesogen und wird nach ihm hinströmen, nicht bloß die Straßenluft, sondern auch die der Nebenzimmer, der Hausflure, der darüber oder darunter liegenden Räume. Die Zuströmung wird am leichtesten erfolgen, wo der geringste Widerstand ist, also z. B. leichter durch die Ritzen an Thüren und Fenstern als durch die Poren der Mauern, besonders wenn diese dick und aus dichtem, engporigen Material gebaut sind. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man in einem geheitzten Zimmer eine brennende Kerze vor das Schlüsselloch hält; ein starker Luftstrom dringt herein, welcher die Flamme ablenkt oder gar ausbläst. Die dünneren Zwischenwände nach den Hausfluren und Nebenzimmern hin lassen auch die Luft leichter hindurchtreten als die dickeren Außenmauern. Wir haben also gar keine Sicherheit, dass die eintretende Luft reine Straßenluft sei. Thatsächlich wird häufig auf diese Weise unreine Luft nach den Zimmern angesogen, Luft, welche schädliche Bestandteile enthält, die gefährlicher sind als die Absonderungen der Luft durch die Menschen, welche sich in den Zimmern aufhalten. Kloakengase aus Abtrittsgruben, Luft aus den Kellern, aus dem Boden der Straße wird auf diese Weise in die Zimmer eingesogen. In Augsburg ist ein Fall beobachtet worden, wo Leuchtgas aus der schadhaft gewordenen Straßenleitung in den Boden und von da durch Ansaugung in das Zimmer gelangte und eine Erkrankung des Bewohners bewirkte.

Notwendigkeit besondrer Lufteintrittsöffnungen.

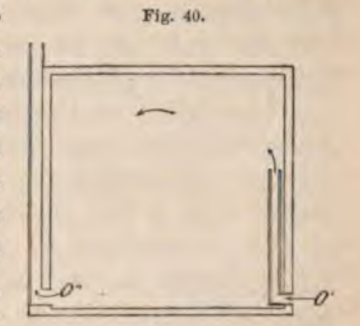
161. Gegen diese Gefahren gibt es ein einfaches und sicheres Abhilfsmittel: man sorge für eine hinreichend große Öffnung, durch welche reine Straßenluft ohne merklichen Widerstand eintreten kann. Dann hören die andern, unkontrolirbaren Strömungen auf. Wiederholen wir den einfachen Versuch mit der Kerze am Schlüsselloch. Der vom Hausflur in das Zimmer eindringende Luftstrom treibt die Kerzenflamme horizontal vor sich her. Wir öffnen das Fenster ein wenig, so dass ein Spalt von einigen Zentimetern Breite entsteht; die Flamme vor dem Schlüsselloch richtet sich auf und brennt ruhig und ohne Flackern; es dringt keine Luft mehr durch das Schlüsselloch ein, weil die durch den breiten Spalt am Fenster eintretende Luft den durch die Absaugung verminderten Druck wieder ausgleicht.

Kaminfeuer, wie sie in England noch fast überall zur Zimmererwärmung benutzt werden, saugen noch viel mehr Luft ab als Öfen, weil die Feueröffnung größer, die Schlöte weiter und die durch sie

abziehenden Gase heißer sind. Aber da in England Schiebefenster üblich sind, welche viel weniger dicht schließen als unsre Fenster, so wird immer viel Straßenluft durch die Fensterspalten eintreten. Auch kann man diesen Luftzutritt regeln, indem man die obere Fensterhälfte etwas herunterzieht und dadurch einen horizontalen Spalt von beliebiger Breite für den Lufteintritt herstellt. Wir sind leider durch unsere viel kälteren Winter gezwungen, die Fensterverschlüsse dichter zu machen; der kalte Luftstrom, welcher bei unvollkommenem Schluss eindringt, macht sich leicht unangenehm bemerkbar. Doch brauchen wir nicht ganz auf diese Art der Ventilation zu verzichten. Wenn z. B. die Fenster in der Weise konstruirt sind, wie man es hier in Erlangen häufig sieht, dass der obere Teil um eine horizontale, an seinem untern Rand gelegene Axe nach innen drehbar ist, so wird der kalte von außen eintretende Luftstrom nach oben zur Zimmerdecke hingelenkt, mischt sich mit der dort lagernden wärmsten Luft und kommt erst dann abwärts. Man kann auf diese Weise eine kräftige Zimmerventilation ohne allen belästigenden Zug herstellen.

Eine andre, sehr zu empfehlende Einrichtung ist folgende: Statt die Eintrittsöffnung für die Außenluft o', wie es bei Fig. 38 gezeichnet ist, oben nahe der Zimmerdecke anzubringen, machen wir sie (Fig. 40) unten, lassen aber die dort eingesogene Luft in einem dünnwandigen, etwas über die Hälfte der Zimmerhöhe hinaufreichenden Blechrohre in die Höhe steigen. Die kalte Außenluft wird bei ihrem Wege durch das innerhalb des Zimmers befindliche Rohr schon etwas vorgewärmt, und erhält eine vertikal nach oben gerichtete Geschwindigkeit, vermöge deren sie auch nach dem Verlassen des Rohrs noch weiter nach der Decke aufsteigt, sich dort mit der warmen Luft mischt und dann erst abwärts sinkt, um die durch o'' abgesogene Luft zu ersetzen.

Fig. 40.



Auf alle Fälle muss die Eintrittsöffnung für die frische Luft so weit sein, dass durch sie bei mäßiger Geschwindigkeit ebensoviel Luft eintreten kann, als durch den Ventilationsschlot (oder Ofen) abgesogen wird. Ist ihr Querschnitt größer als der des Ventilationsschlots, so tritt doch nicht mehr ein, sondern die Zuströmung erfolgt nur mit geringerer Geschwindigkeit. Es wird häufig vorteilhaft sein, die

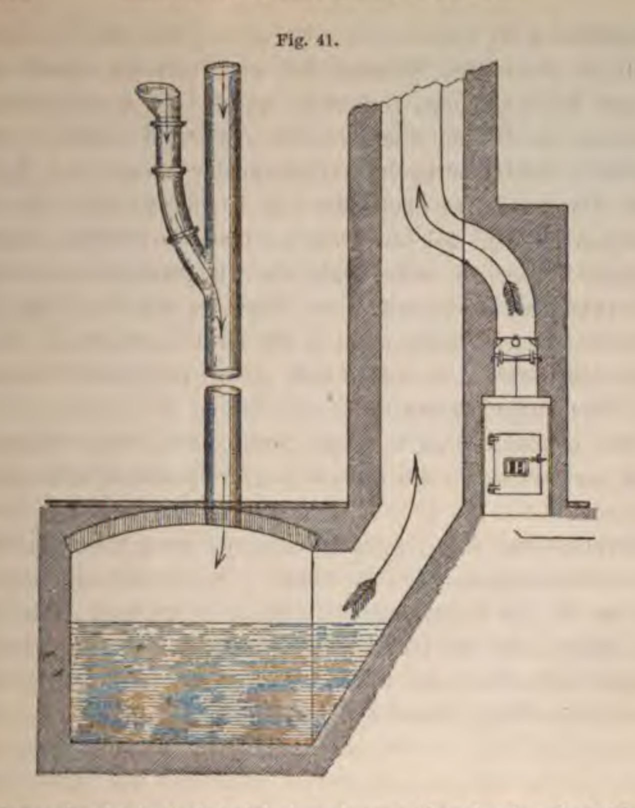
Eintrittsöffnung zu teilen, z. B. zwei solche Röhren, wie sie Fig 40 darstellt, in die beiden Zimmerecken der Straßenwandseite zu legen.

Verhütung des Eintritts von Kloakengasen in die Wohnräume.

162. Die besondern Gefahren, welche durch das Ansaugen der Kloakengase nach den Zimmern hin entstehen können, erheischen besondre Vorsichtsmaßregeln. Wenn in der Weise, wie dies bei uns in Deutschland noch so häufig der Fall ist, die Exkremente in Gruben aufgefangen werden und in diesen so lange verweilen, dass sie in Zersetzung übergehen, wobei sich, wie wir gesehen haben, schädliche Gase entwickeln, so können diese letzteren um so leichter auch in die Wohnräume eindringen, da ja die Gruben durch die Fallröhren mit den Abtrittsräumen und durch diese mit den Wohnräumen in offener Verbindung stehen.

Man merkt dies auch häufig genug beim Betreten von Häusern an dem intensiven Geruch nach Schwefelwasserstoff und andren Zersetzungsprodukten der Exkremente. Das Hineingelangen dieser Gase in die Wohnräume findet durch Ansaugung statt, denn da die Wohnräume wärmer sind als die Abtrittsgruben, so entsteht ein aufsteigender Luftstrom in den Fallröhren. Es ist zu vermuten, dass auch geringste Mengen der Abtrittsgase, Jahr aus Jahr ein eingeatmet, auf die Gesundheit schädlich wirken. Um diese Aspiration zu verhindern, ist es besonders wichtig, dass die Grube möglichst luftdicht zugedeckt ist. Denn wenn die Luft Zutritt zur Grube hat, so wird eben die kalte Luft der Grube und die warme Luft innerhalb des Hauses zu einem fortwährenden Aspirationsstrom nach dem letzteren hin Anlaß geben. Aber noch besser wird es sein, wenn wir dieser schädlichen Wirkung eine starke Gegenwirkung entgegen setzen. Und das können wir, wenn wir eine eigene Ventilation anbringen, in welcher wir dafür sorgen, dass die Luft in der Abtrittsgrube noch mehr verdünnt wird als die im Hause. Man kann das mit einfachen Mitteln, wenn man einen Schacht unmittelbar aus der Grube in die Höhe führt bis über das Dach. Wenn dieser Schacht eine starke Saugwirkung ausübt, so kann man es dahin bringen, dass die Luft aus der Grube nicht in die Wohnung dringt, sondern dass die Richtung der Luftströmung eine entgegengesetzte ist und dass die Gase in das Freie abgesogen und dort von den Winden fortgeführt werden. Man kann dies dadurch erzielen, dass man den erwähnten Schacht zwischen zwei immer geheizte Schornsteine von Küchen legt, wodurch die Luft in ihm fortwährend warm gehalten wird, so dass er als Ventilationsschlot wirkt. Wirksamer ist es jedoch, wenn man für die Erwärmung dieses Schachtes etwa in der Weise sorgt, wie es Fig 41 darstellt. In dem

Fig. 41.



Ventilationsschacht befindet sich das eiserne Rauchrohr einer Feuerung, welche entweder nur zu diesem Zweck angelegt ist, oder auch gleichzeitig andern Zwecken dient. Die Feuergase, welche durch dieses Rauchrohr abziehen, erwärmen dann die sie umgebende Luft in dem Ventilationsschacht und bewirken so eine Aspiration von Luft aus den einzelnen Abtrittsräumen nach der Grube, wie es die Pfeile andeuten. Die entgegengesetzte Strömung wird dadurch ausgeschlossen sein.

163. In andrer Weise sucht man das Eindringen von Kloakengasen in die Häuser durch Anwendung der schon früher (§ 56) erwähnten Wasserverschlüsse oder Syphons vorzubeugen d. h. einer Krümmung, welche in die Röhrenverbindung zwischen dem Auffanggefäß und dem Fallrohr eingeschaltet und stets mit Wasser gefüllt ist. Wenn man dafür sorgt, dass alle Verunreinigung durch einen Wasserstrahl fortgespült wird und zuletzt nur noch reines Wasser in der Krümmung des Rohrs stehen bleibt, so wird dieses reine Wasser einen Abschluß bilden, welcher verhindert, dass Gase aus den Fallröhren in den Abtritts- und Wohnraum aufsteigen können,

Wasserverschlüsse.

vorausgesetzt, dass der Druck der Gase nicht größer ist als der Wasserdruck, was aber eintreten könnte, wenn die Gruben luftdicht abgeschlossen wären. Wenn sie aber mit der Luft kommuniziren, wird der Druck nicht über eine Atmosphäre steigen können, ja er wird bei passender Vorrichtung unter diesem Wert bleiben, z. B. bei Anwendung der oben beschriebenem Grubenventilation. Ein solcher Verschluss kann auch erzielt werden, wenn das Rohr des Auffanggefäßes in ein kleineres Gefäß mündet, von welchem seitwärts das Fallrohr etwas höher abzweigt, so dass die Mündung des ersteren Rohrs stets unter Wasser steht. Natürlich kann man diese Einrichtungen nur treffen, wenn man über einen genügenden Wasserzufluss verfügt. Wo keine allgemeine Wasserleitung vorhanden ist, reicht jedoch ein kleines, etwa 2 m über dem Abtrittssitz angebrachtes Reservoir aus, das etwa die für einen Tag erforderliche Wassermenge fasst.

Man nennt derartige Vorrichtungen Spülabtritte oder Water-Closets. Sie sind überall da ohne weiters verwendbar, wo die Exkremente in Schwemmkanälen fortgeführt werden. Wo dieselben aber in Gruben oder in Tonnen aufgefangen werden müssen, da entsteht freilich der Nachteil, dass diese Behälter sich um so schneller füllen, je mehr Wasser man zur Spülung verbraucht.

Zwanzigste Vorlesung.

Verschiedene Ventilationseinrichtungen.

Benutzung des Windes. — Sich selbst einstellende Windrohre. — Saugkraft des Windes. — Windsauger auf Ventilationsschlöten und Schornsteinen. — Aspiration und Pulsion. — Trommelgebläse. — Zentrifugalventilatoren. — Ventilation durch Öfen und Kamine. — Lockkamine. — Messung der Druckdifferenz. — Messung der bewegten Luftmenge.

164. Man hat sich viel Mühe gegeben, den Wind für die Ventilation nutzbar zu machen. Freilich, die wechselnde Stärke und noch mehr die wechselnde Richtung machen seine Anwendung schwierig. Am besten liegt der Fall, wenn es sich um bewegte Körper: Schiffe, Eisenbahnwagen etc. handelt, denn da diese sich in einer Richtung schnell bewegen, so ist eine relative Luftbewegung zu dem Fahrzeug fast immer vorhanden. Nur dann würde eine solche Bewegung nicht stattfinden, wenn Fahrzeug und Wind in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit sich bewegen; ist die Geschwindigkeit des Windes geringer oder bewegen sie sich in entgegengesetzten Richttungen, so kommt die Differenz oder die Summe der Geschwindigkeiten in Geltung. Wenn ein Schiff schief gegen den Wind geht, so wird man die relative Geschwindigkeit finden, indem man sie zerlegt in eine in der Richtung des Schiffes gehende und eine senkrecht darauf liegende Komponente. **Benutzung des Windes.**

Die Aufgabe, ein Schiff zu ventiliren, ist eine äußerst wichtige, besonders wenn es sich um das Zwischendeck eines Auswandrerschiffes handelt, in welchem in verhältnismäßig engem niedrigem Raum viele Leute zusammengedrängt sind, oder um den Maschinenraum, wo in einem engen Raum unter dem Wasserniveau die Maschinisten sich befinden, denen der Aufenthalt noch durch die Wärme der Feuerung erschwert ist. Man löst diese Aufgabe in der Weise, dass man von dem Deck des Schiffes in diese Räume Röhren führt, die oben horizontal umbiegen und in etwas erweiterte trichterförmige Mündung übergehen. Man stellt sie so, dass der jeweilig vorhandne Wind in die Mündungen bläst. Dann wird Luft mit einer gewissen Geschwindigkeit hineingetrieben und bewirkt die Ventilation.

165. Wenn es sich um ein Haus oder eine Fabrik handelt, gilt dasselbe, nur dass natürlich nicht die relative Geschwindigkeit in **Sich selbst einstellende Windrohre.**

Frage kommt, sondern die absolute, die zu einer gegebenen Zeit der Wind hat. Man führt auch hier in den zu ventilirenden Raum eine Röhre, die über das Dach geht und trichterförmig ausmündet, nur muss diese Mündung stets dem Wind ihre offene Seite zuwenden. Diese Drehung zu bewirken, kann man dem Wind selbst überlassen, indem man das Rohr nicht direkt in die Mündung übergehen lässt, sondern die letztere an einem besondern Stück anbringt, welches etwas enger ist und in dem andern Teil leicht drehbar steckt. Wegen des Übergewichts auf der einen Seite in Folge der Umbiegung muss man auf der andern Seite ein Gegengewicht anbringen. Gibt man diesem die Form einer Windfahne, die sich nach dem Winde dreht, wie Figur 42 zeigt, so stellt sich das Rohr von selbst mit der Mündung gegen den Wind. Andre zu dem gleichen Zwecke angegebene Konstruktionen muss ich, um nicht zu weitläufig zu werden, hier übergehen.

Fig. 42.



Saugkraft des Windes.

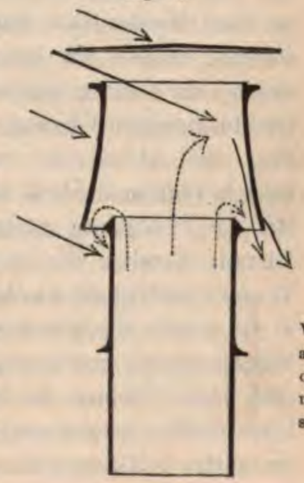
166. Man kann aber auch den Wind als Saugkraft verwerten. Das Prinzip, welches diesem Verfahren zu Grunde liegt, wird aus folgenden Thatsachen am besten erhellen: Wenn wir die Finger gestreckt nebeneinander halten, so bleiben zwischen denselben enge Spalten. Hält man nun die flache Hand vor den Mund und bläst die Luft durch die Spalten, während man ein Blatt Papier davorhält, so sollte man erwarten, dass das Papier abgedrängt werden würde; es wird aber im Gegenteil angesogen. Dies erklärt sich folgendermaßen: Wenn aus einem engen Raume die Luft ausströmt, so breitet sie sich pinselartig aus und entweicht nach den Seiten. Dadurch reißt sie die ruhende Luft mit und es entsteht eine Luftverdünnung, die das Papier gegen die Hand drückt. Blase ich durch ein enges Rohr (Fig. 43) Luft in der Richtung des Pfeils an einer Kerzenflamme vorbei, so wird die Flamme, wie Sie sehen, nach dem Luftstrom hingedrängt und zeigt damit an, dass dort eine Luftverdünnung besteht. Man sollte offenbar eher das Gegenteil erwarten. Man kann dasselbe auch durch einen Apparat zeigen, der im Grunde nichts weiter darstellt, als eine verbesserte Form des oben beschriebenen Versuchs mit den Fingern. Der Apparat besteht aus

Fig. 43.

einem Röhrchen, welches senkrecht auf einer durchlochten Platte aufgelötet ist. Dieser gegenüber ist eine zweite Platte, welche mit der ersten durch 3–4 dünne Drähte verbunden ist und eine sehr dünne leichte Platte liegt locker dazwischen. Bläst man in den Apparat, so wird die bewegliche Platte angezogen. Man macht jetzt von diesem Prinzip vielfache Anwendungen. Am bekanntesten sind die Apparate zur Erzeugung des Spray bei chirurgischen Operationen oder zum Zerstäuben von Medikamenten in den Inhalationsapparaten, welche in kleinerem Maßstabe auch zum Besprengen von Blumen oder zur Zerstäubung wohlriechender Wässer Anwendung finden. Ein Luftstrom, welcher mit großer Geschwindigkeit aus der Mündung eines Rohrs austritt, reißt die ruhende Luft mit und erzeugt dadurch eine Luftverdünnung. Ein zweites Rohr mündet nahe dem ersteren, während sein anderes Ende in die Flüssigkeit eintaucht. Diese wird angesogen und mit dem Luftstrom mitgerissen in feine Tröpfchen zerstäubt.

Statt des Luftstroms kann man auch einen Dampfstrom benutzen. Die wichtigste Verwendung findet dies Prinzip in dem sogenannten Injektor von Giffard zur selbstthätigen Speisung der Dampfkessel. Ein Dampfstrom saugt Wasser an und drückt es in den Kessel zum Ersatz des zur Dampferzeugung verbrauchten. Derselbe Ingenieur hat dieses Prinzip auch im Jahre 1867 zur Ventilation anzuwenden gesucht bei der damaligen großen Industrieausstellung in Paris. Es wurden unterhalb des Ausstellungsgebäudes im Keller gewölbte Gänge angelegt. Eine Dampfmaschine trieb durch eiserne Röhren Luft in die Gänge. Diese riss beim Entweichen Luft mit, welche durch vergitterte Öffnungen in den Ausstellungsraum gelangte. Trotzdem der Apparat ganz gut funktionirte, wurde er nicht gebraucht, da jene unterirdischen Räume zu Küchenzwecken benutzt wurden, so dass die Ventilationsluft mit Küchengerüchen beladen in die Säle gelangte.

Fig. 44.



Windsauger auf Ventilationsschlöten und Schornsteinen.

167. Die häufigste Anwendung dieses Prinzips zu Ventilationszwecken ist die, dass man auf die obere Mündung der Ventilationsschlöte (vgl. § 159) sogenannte Windsauger aufsetzt, z. B. den in Fig. 44 dargestellten. Aus welcher Richtung auch der Wind auf

die Flächen dieses Rohraufsatzes trifft, er kann nicht in das Rohr eindringen, sondern wirkt saugend auf den Rohrinhalt. Diese Wirkung ist freilich schwach, aber sie unterstützt doch die durch die warme Luft bewirkte Strömung. Sie nützt aber noch mehr dadurch, dass sie eine Störung des Ausströmens, welche sonst leicht durch den Wind eintreten könnte, verhindert. Man bringt dieselbe daher häufig an auf der Mündung von Schornsteinen für Feuerungen, um einen besseren Zug zu bewirken. Wenn der Schornstein einfach aus Mauerwerk besteht, welches oben offen endigt, so würde der Wind, welcher zuweilen auch eine abwärts geneigte Richtung hat, direkt in den Schornstein blasen und den Rauch rückwärts in die Feuerung drängen.

Aspiration und Pulsion.

168. Aus dem Gesagten geht hervor, dass man den Zweck der Ventilation, eine stetige Bewegung der Luft durch die Zimmer hindurch, so dass die verdorbene Luft fortgeführt und durch frische, reine Luft ersetzt wird, auf zweierlei Weise erreichen kann: durch Absaugen der Zimmerluft oder durch Hineindrücken frischer Luft in die Zimmer. Ersteres bezeichnet man als Aspiration oder Exhaustion, letzteres als Pulsion oder Impulsion. Natürlich kann man auch beide Methoden mit einander verbinden. Aber nicht immer werden so einfache Mittel, wie wir sie bisher besprochen haben, ausreichen. Da kommen denn alle die mechanischen Vorrichtungen in Frage, welche man zur Bewegung der Luft benutzen kann wie Pumpen, Ventilatoren etc Erstere sind entweder Druck- oder Saugpumpen. Ventilatoren oder Gebläse gibt es der verschiedensten Art.

Trommelgebläse.

169. Die sogenannten Trommelgebläse werden da angewendet, wo man Wasserdruck hat. Ein solches Gebläse beruht auf demselben Prinzip, welches wir oben kennen gelernt haben. Wenn man Wasser durch eine Öffnung ausströmen lässt, welche umgeben ist von einer trichterförmigen Öffnung, dann reißt das Wasser Luft mit. Sind Einfluss- und Abflussrohr von einem gemeinsamen Rohr umschlossen, so wird in diesem die Luft verdünnt, und wenn man das Rohr mit einem Raum in Verbindung setzt, so kann man aus diesem die Luft ansaugen. Hierauf beruhen die in unsern Laboratorien jetzt so vielbenutzten Wasserluftpumpen. Lässt man den mit Luft gemischten Wasserstrahl in ein Gefäß einströmen, so wird die Luft in diesem verdichtet. Das Wasser strömt unten ab, die mitgerissene Luft aber entweicht durch eine andre Öffnung in einem fortwährenden Luftstrom. Solche Gebläse werden angewendet bei Schmelzöfen, um der Kohlenfeuerung die nötige Luft zuzuführen, oder zu andern technischen Zwecken, können aber auch zur Ventilation dienen.

170. Ganz dasselbe gilt von den Zentrifugalventilatoren: Innerhalb einer zylindrischen Trommel wird eine Axe in schnelle Rotation versetzt. An dieser sind Flügel, welche die Trommelwand fast berühren. Die in der Trommel enthaltene Luft wird durch die schnelle Bewegung mit in Rotation versetzt. Durch Zentrifugalkraft wird die Luft verdünnt in der Mitte an der Axe, an der äußeren Fläche verdichtet. Ist neben der Axe eine Öffnung und an der Peripherie auch, so wird an der Axe Luft angesogen, welche auf der andern Seite ausströmt. In kleinem Maßstabe bedient man sich dieser Apparate als Windfegen zum Reinigen des Getreides, in größerem als Zentrifugalventilatoren in großen Maschinenfabriken, für Schmiedefeuer etc. **Zentrifugal-ventilatoren.**

Die Zentrifugalventilatoren können mit Vorteil benutzt werden in Fabriken, wo man einen Teil der schon vorhandenen Maschinenkraft benutzen kann. Man hat sie auch in Spitälern verwendet, doch macht sich der Lärm, den sie häufig verursachen, unangenehm bemerkbar.

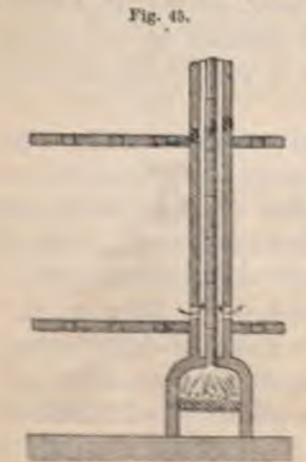
171. Wie wir oben (§ 159) gesehen haben, wirken alle Feuerungsanlagen, bei welchen ein Feuer im offenen Kamin brennt oder in Öfen, vorausgesetzt, dass diese ihre Verbrennungsluft aus den Zimmern beziehen, ventilirend auf die Zimmerluft. Das Feuer bewirkt eine Ansaugung der Zimmerluft, deren Sauerstoff mit Kohlenstoff und Wasserstoff verbunden, deren Stickstoff unverändert den Ofen durch das Rauchloch verläßt und in den Schornstein abzieht. Da diese Feuergase, Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff, gemischt mit den unvollkommen verbrannten Teilchen, welche den Rauch bilden, heiß in den Schornstein gelangen, so verwandelt sich dieser in einen Ventilationsschlot, dessen ventilirende Wirkung um so größer sein wird, je höher er und je heißer die in ihm enthaltene Luftsäule ist. **Ventilation durch Öfen und Kamine.**

Diese ventilirende Wirkung des Ofens kommt natürlich nicht zur Geltung, wenn der Ofen nicht vom Zimmer aus, sondern von außen her beschickt wird, was ja aus Gründen der Reinlichkeit und Bequemlichkeit vorteilhaft ist. Man kann jedoch den Ofen auch so einrichten, dass nur die Füllthür zum Einfüllen des Brennmaterials außen, die Luftthür aber, durch welche die Luft zum Brennmaterial gelangt, innen angebracht wird. Man muss dann nur dafür sorgen, dass die erstere immer geschlossen bleibt, wenn nicht die Einfüllung ihre Öffnung nötig macht. Dann ventilirt ein solcher Ofen das Zimmer ebenso wie ein von innen zu heizender.

Wenn aber diese Ventilation durch den Ofen nicht ausreicht, oder wenn wir zwar ventiliren wollen aber nicht heizen z. B. im Sommer oder in überfüllten Sälen, wo häufig gerade die zu hohe Temperatur, welche Menschen und Gasflammen erzeugen, eine kräftige Ventilation nötig machen, dann können wir trotzdem die aspirirende Wirkung einer Feuerung verwenden. Wir müssen nur diese Feuerung außerhalb des zu ventilirenden Raums anlegen und sie in passender Weise mit demselben durch einen Luftkanal verbinden. Wir können dazu häufig eine Feuerung benutzen, welche auch noch anderen Zwecken dient: der Heizung eines anderen Raums oder der Erzeugung von Dampf in einem Dampfkessel. Wenn z. B. aus den Arbeitsräumen einer Fabrik Kanäle nach dem Maschinenraume hingeführt werden, welche alle unter dem Rost der Dampfkesselfeuerung ausmünden, so würde diese die Luft aus den Arbeitsräumen ansaugen und so zugleich für deren Ventilation sorgen.

Lockkamin. **172.** Diese Ansaugung würde aufhören oder doch wenigstens sehr beschränkt werden, wenn durch Öffnung der Feuerthür oder der Thür des Aschenraums Luft unmittelbar Zutritt zum Feuer finden könnte. Um sich von solchen Störungen frei zu machen, zieht man es vor, die Hitze der Feuergase nicht unmittelbar sondern auf einem Umwege für die Ventilation nutzbar zu machen. Man macht nämlich das Rauchrohr, durch welches die Feuergase abziehn, von Eisen und umgibt dasselbe mit einem etwas weiteren Schlot von Mauerwerk (Fig. 45), dessen Querschnitt rund oder auch viereckig sein kann. Die heißen Feuergase erhitzen dann die Luft in dem ringförmigen Raum und diese wirkt aspirirend auf die Luft der Räume, welche mit dem Ventilationsschlot durch Kanäle in Verbindung gesetzt wird. Zur Verstärkung der Wirkung kann man noch auf die Mündung des Rauch- und Luftrohrs einen Windsauger (vgl. § 167) setzen. Man nennt eine solche Einrichtung, durch welche die Luft aus den Zimmern angesogen wird, einen Lockkamin.

Fig. 45.

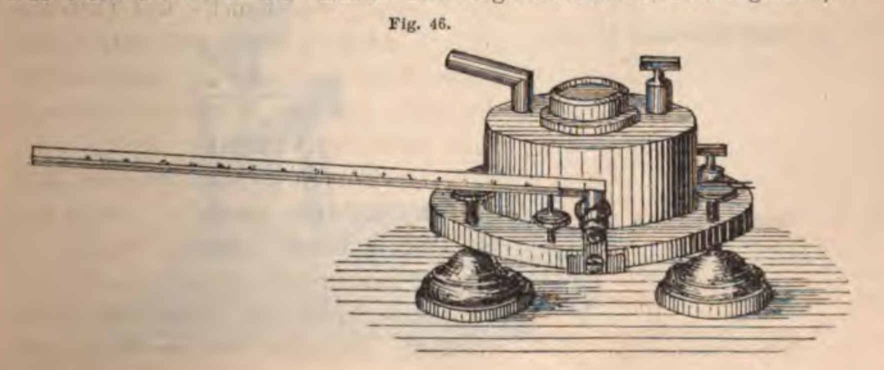


Für kleinere Zwecke kann man einen solchen Lockkamin herstellen, indem man die Luft in einem möglichst hohen, mit dem zu ventilirenden Raum in Verbindung stehenden Schlot auf irgend eine Weise erwärmt. Abgesehen von der Hauptventi-

lation dieses Hörsaals, auf welche ich noch zurückkommen werde, habe ich in der Ostwand drei vertikale Schachte aufführen lassen, von denen die zwei äußern als Schornsteine für Öfen des untern Stockwerks dienen, der mittlere aber zur Ventilation des Katheders. Er ist zu diesem Zweck durch ein weites Rohr mit der Tischplatte verbunden, an welcher er mit einer runden, für gewöhnlich durch einen Deckel verschlossenen Öffnung endet. Die Luftsäule in diesem Schacht wird von beiden Seiten her erwärmt, so lange Feuer in den untern Öfen brennt; außerdem kann sie noch durch einen großen Bunsenbrenner erhitzt werden. Entferne ich die Deckplatte, so kann ich schon den Luftzug fühlen, welcher durch das Absaugen der Luft entsteht. Erzeuge ich in der Nähe der Öffnung Rauch, so sehen Sie, wie derselbe, statt sich im Saal auszubreiten, in die Öffnung hineingesogen wird. Wir benutzen diesen Abzug, wenn wir mit übelriechenden oder giftigen Gasen zu arbeiten haben. Er kann uns aber auch zu einigen Versuchen über Ventilation dienen.

173. Ich will Ihnen zunächst zeigen, dass die Luft in dem Ventilationsschacht, eben weil sie warm ist, unter einem geringeren Druck steht als die Luft in dem Hörsaal. Ich bedarf dazu freilich eines sehr empfindlichen Manometers, denn die Druckdifferenz ist immerhin nur klein, und der Ausschlag soll doch groß genug sein, um auch von den entfernteren Sitzplätzen aus noch wahrgenommen zu werden. Das Manometer, welches Sie hier sehen (Fig. 46) ist von Prof. Recknagel in Kaiserslautern angegeben worden. Es besteht aus einer Dose, welche unten mit einem langen Glasrohr verbunden ist. Letzteres kann unter einem beliebigen Winkel gegen die Horizontale gestellt werden. Wir haben es so eingestellt, dass es sanft von der Dose aus ansteigt, etwa unter einem Winkel von 10° gegen den Horizont. Die Dose ist etwa zur Hälfte mit rotgefärbtem Petroleum gefüllt, **Messung der Druckdifferenz.**

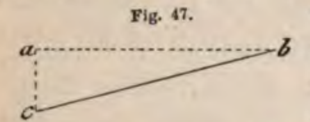
Fig. 46.



welches in der Glasröhre bis zu einem gewissen Punkte reicht, den ich durch Einstellen eines beweglichen Zeigers markire. Der Luftraum der Dose über dem Petroleum steht durch einen Gummischlauch mit einer durchbohrten Platte in Verbindung, welche als Deckel auf unsre Ventilationsöffnung passt. Sowie ich diese Platte auf die Öffnung aufsetze, sehen Sie sofort das Petroleum in der Glasröhre nach der Dose hin zurückweichen und sich nach einem Ausschlag von etwa 3 cm einstellen. Hebe ich die Platte ab, so kehrt das Petroleum zu seiner früheren Stellung zurück; setze ich die Platte wieder auf, so erfolgt derselbe Ausschlag wie vorher.

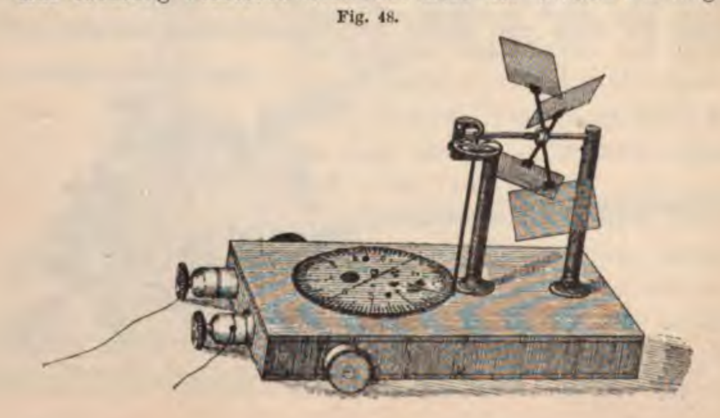
Die Dose und das Glasrohr stellen die Schenkel eines V-förmigen Rohrsystems dar, nur dass der eine Schenkel sehr weit, der andre eng ist. Wenn der Druck auf beiden Seiten der in diesem System enthaltenen Flüssigkeit gleich ist, so muss diese in den beiden Schenkeln gleich hoch stehen. Wenn aber die Luft in der Dose mit dem Ventilationsschlot in Verbindung gesetzt wird, während die Luft im Hörsaal auf die Flüssigkeitsoberfläche in der Glasröhre drückt, so wird letztere um so viel tiefer sich einstellen müssen, als der vorhandenen Druckdifferenz entspricht. Das ist freilich sehr wenig; aber bei der geringen Neigung der Glasröhre muss die Flüssigkeit schon eine sehr erhebliche lineare Verschiebung erleiden, wenn auch die vertikale Senkung gering ist. Hat die Röhre die Neigung b c (Fig. 47), so wird eine Verschiebung von b nach c einem Sinken des Flüssigkeitsniveaus um den Wert a c entsprechen.

Fig. 47.



Messung der bewegten Luftmenge. 174. Obgleich die Druckverminderung in unserm Ventilationsschlot nur gering ist, saugt derselbe doch eine recht große Luftmenge ab. Zur Messung derselben bestimmt man die Geschwindigkeit

Fig. 48.



der Strömung mittels des Anemometers und multiplizirt mit dem Querschnitt der Öffnung, durch welche die Luft strömt. Das Anemometer, welches Sie hier sehen, (Fig. 48) ist nach den Angaben Recknagel's angefertigt. Es besteht aus 4 an einem Kreuz von Draht befestigten, um eine Axe leicht beweglichen Glimmerblättchen. Halten wir das Instrument so, dass die Axe des Instruments mit der Richtung der Luftbewegung zusammenfällt, so drückt die Luft gegen die schief gestellten Windflügel des Instruments und setzt die Axe in Bewegung. Diese Bewegung wird durch eine Schraube ohne Ende auf einen Zeiger übertragen, so dass man aus der Zahl der Umdrehungen die Geschwindigkeit messen kann. Jedesmal, wenn der Zeiger eine volle Umdrehung vollführt, was 100 Umdrehungen der Flügel entspricht, schließt er für eine kurze Zeit einen elektrischen Strom und gibt dadurch ein elektromagnetisches Signal, wodurch die Zeitmessung sehr erleichtert wird. Will man aber die Geschwindigkeit der Luftbewegung in einem Kanal bestimmen, so ist es nicht gleichgiltig, ob man das Instrument in der Mitte oder nahe den Wänden aufstellt, denn an den Wänden bewegt sich die Luft langsamer. Man würde also bei Messungen in der Mitte einen zu hohen Wert bekommen an den Wänden einen zu geringen. Wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, so genügt es, wenn man das Anemometer etwa in der Entfernung von $^1/_4$ des Durchmessers von der Wand des Kanals aufstellt.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Noch Weiteres über Ventilation.

Richtung der Luftströmung. — Notwendigkeit von Ein- und Ausströmungsöffnungen. — Vermeidung von Zugluft. — Vorteile der abwärts gerichteten Strömung. — Wahl der Mittel. — Studien am Modell.

Richtung der Luftströmung.

175. Durch welche Mittel auch immer man die Luft zu Ventilationszwecken in Bewegung setze, immer wird man sich die Frage vorzulegen haben, wie muss die Bewegung der Luft durch den zu ventilirenden Raum geleitet werden, damit sie möglichst alle verdorbene Luft beseitigen und durch frische ersetzen kann. Wenn durch einen Kanal Luft eintritt, wird sich dieselbe ausbreiten und auch die ruhende Luft teilweise mitreißen, aber immer wird man die Luft bis zu einer gewissen Grenze noch in gerader Linie fortschreitend nachweisen können. Je größer die Geschwindigkeit der Luft ist, desto länger wird sie ihre Richtung einhalten. Und wenn der Eintrittsöffnung gegenüber eine Abzugsöffnung sich befindet, so kann ein großer Teil der eingetriebenen Luft quer durch das Zimmer streichen, ohne sich merklich mit der Zimmerluft zu mischen, so dass diese kaum in Mitbewegung gerät. Es ist dabei gleichgiltig, ob die Luftbewegung durch Pulsion oder Aspiration bewirkt wird. Denken Sie sich, dass aus einem würfelartigen Raum an einer Stelle Luft ausgesaugt würde; es wird zunächst an der Saugöffnung eine der Stärke der Saugkraft entsprechende Verdünnung entstehen, die sich kugelschalenartig fortpflanzt. Wenn diese Verdünnung sich bis zur Einströmungsöffnung fortgepflanzt hat, so wird durch diese die Luft mit einer der Saugkraft entsprechenden Geschwindigkeit einströmen, und dann haben wir wieder das oben geschilderte Verhältnis. Es können daher in solchen Räumen leicht Stellen vorhanden sein, in denen die Luft ganz stagnirt, sog. tote Ecken. Außerdem ist zu bemerken, dass die Luft da, wo ihre Geschwindigkeit eine sehr große ist, wenn sie Menschen trifft, leicht als Zugluft unangenehm empfunden wird. Diese Wirkung hängt ab von der Temperatur und der Geschwindigkeit der Bewegung. Und da gerade bei uns die Menschen sehr wenig an Ventilation gewöhnt und gegen Zug sehr empfindlich

sind, so führt das häufig zu der Folge, dass, wenn in einem Lokal auch wirklich die Ventilation in Gang gesetzt wird, sich Leute finden, die das belästigt. Also die Aufgabe dessen, der sich mit der Einrichtung von Ventilationen beschäftigt, muss sein, die Bewegung der Luft so einzurichten, dass möglichst alle verdorbene Luft durch frische ersetzt wird, und dass die Bewegung sich nirgends durch Nebenstörungen bemerklich macht.

176. Ein großer Fehler, welchen man sehr oft bei Ventilationsanlagen beobachtet, liegt darin, dass man entweder nur für den Austritt der Luft oder nur für den Eintritt Öffnungen anlegt. Man muss stets zweierlei Öffnungen anlegen und diese richtig verteilen. Da die Wandungen unsrer Zimmer porös sind und sich an Thüren und Fenstern Ritzen und Spalten finden, so wird die Luft immer Wege finden, jede Druckdifferenz auszugleichen. Aber wir können ihre Bewegung dann nicht beherrschen. Legen wir aber die Zu- und Abströmungsöffnungen in genügender Größe und in zweckmäßiger Anordnung an, dann machen wir uns von dem Einfluss der Poren und zufälligen Spalten frei und können die Luftbewegung nach unserm Belieben leiten.

Notwendigkeit von Ein- und Ausströmungsöffnungen.

Wenn wir in ein Zimmer Luft einpressen, so vermehren wir den Druck innerhalb, und es wird überall die Luft, wo sie irgendwo entweichen kann, wieder nach außen dringen. Dabei wird wohl auch ein Teil der verdorbenen Luft entweichen, aber ein vielleicht nicht ganz geringer Teil der eingeführten frischen Luft wird auch entweichen, ehe er noch seinen Zweck der Lufterneuerung ganz erfüllt hat. Dasselbe, ja noch viel Schlimmeres kann sich, wie wir schon erfahren haben (§ 160) ereignen bei der Exhaustionsmethode. Saugt man Luft an, dann wird, wenn der Druck unter den äußeren Luftdruck gesunken ist, durch die porösen Wandungen von außen überall Luft eindringen. Woher diese kommt und wie sie sich verteilt, wird unberechenbar sein. Daher kommen wir zu dem Schluss, dass, wenn wir eine richtige Ventilation haben wollen, wir uns nicht auf die Porosität der Wandungen verlassen dürfen, sondern darauf sehen müssen, dass sowohl für den Eintritt, wie für den Austritt größere eigens geschaffene Öffnungen vorhanden sind. Die Reibungswiderstände in den Poren sind sehr groß und sobald man innerhalb der Wände ein Loch von einigen cm Querschnitt macht, ist die Beweglichkeit der Luft so außerordentlich viel größer als durch die Poren, dass man auf die Porosität der Mauer keine Rücksicht zu nehmen braucht.

Vermeidung von Zugluft.

177. Nicht selten findet man in Restaurationen, Bierstuben und ähnlichen Räumen, wo viele Menschen beisammen sind und gewöhnlich noch durch Tabakrauchen die Luft verschlechtern, Ventilationseinrichtungen, die im wesentlichen auf die in Fig. 37 dargestellte Anordnung hinauskommen. Eine in der Nähe der Zimmerdecke angebrachte Öffnung setzt sich in einen Ventilationsschlot fort; häufig ist noch, um die Saugwirkung zu vermehren, in diesem eine Gasflamme angebracht. Nur ein Unterschied besteht; es fehlt die Lufteintrittsöffnung. Solche Ventilation ist zwar nicht immer für ihren Zweck ausreichend. Sobald jedoch die Thür geöffnet wird, stürzt in Folge der Luftverdünnung welche im Zimmer besteht, durch die Thür ein kalter Luftstrom herein, und die gewöhnliche Folge ist, dass sich einer der Stammgäste beklagt, dass die Gasflamme ausgelöscht, die Öffnung verstopft wird und dass die Ventilation ganz unterbleibt.

Die Unannehmlichkeiten dieser Ventilationseinrichtungen hängen zum Teil damit zusammen, dass die Abzugsöffnung hoch angelegt wurde, während tiefer unten kalte Luft eintritt. Dazu ist kein zwingender Grund vorhanden; es hat sich das gleichsam nur historisch gemacht, denn ursprünglich benutzte man nur die Temperaturdifferenz zwischen Zimmer- und Außenluft und suchte diese dann durch die Verbindung mit dem Schlot besser auszunutzen. Wir können aber auch, wie es in Fig. 38 dargestellt ist, das Verhältnis umkehren. Ist die durch eine hochgelegene Öffnung eintretende Luft aber kalt, so würde sie schnell nach abwärts sinken, würde auf die Köpfe treffen und dort unangenehm berühren. Man muss sie daher so weit erwärmen, dass sie die Neigung bekommt nach oben zu steigen. Durch die unten wirkende Saugkraft sinken die Schichten langsam herunter und kommen an die Abzugsöffnung, wo sie langsam entweichen. Es ist gleichsam ein fortwährender Regen von reiner Luft hergestellt, welcher sanft und ohne zu belästigen, eine gleichmäßige Ventilation bewirkt.

Vorteile der abwärts gerichteten Strömung.

178. Man hat nun die Frage aufgeworfen, ob es praktisch ist, die Abzugsöffnung ganz unten nahe dem Fußboden anzulegen oder etwas höher. Manche wollen auch ihre Meinung, dass die Absaugung an der Zimmerdecke erfolgen müsse, damit begründen, dass die ausgeatmete Luft warm sei und nach oben steige. Diese Anschauung ist falsch, denn die schlechte Luft kommt nicht aus dem Munde. Die Absaugung in der Nähe des Bodens hat so viele Vorteile, dass wir an ihr festhalten sollten. Für Krankenhäuser haben manche es für zweckmäßig befunden, hinter jedem Bett eine Abzugsöffnung

ungefähr in der Höhe des Bettes anzubringen, wogegen sich nichts einwenden lässt, da auf diese Weise die Luft, welche mit dem Kranken in Berührung war, auf dem kürzesten Wege aus dem Krankensaal entfernt wird.

Dieselben Prinzipien sind noch viel wichtiger in Fabriken, in denen schädliche Substanzen entstehen und die sofort, ohne dass sie Zeit gehabt haben, sich im Raum zu verbreiten, entfernt werden sollen. Dann muss die Absaugeöffnung in unmittelbarer Nähe der Stelle sein, wo die schädlichen Substanzen entstehen. Besonders wirksam ist auch diese Art der Ventilation, um den in jedem Raum in der Luft schwebenden Staub mit zu entfernen. Aller Staub besteht aus Partikelchen, welche ein größeres spezifisches Gewicht haben als die Luft. Wenn nun in der Luft aufwärts gerichtete Bewegungen bestehen, werden die Stäubchen schwebend in der Luft erhalten. Richtet man aber die Ventilation so ein, dass die Luft oben ein- und unten abgesogen wird, so befördern wir das Absetzen des Staubes, indem er zu Boden sinkt und den Raum mit dem Luftstrom verlässt.

179. Fassen wir alles Gesagte zusammen, so ergibt sich, dass eine Einrichtung, wie wir sie in § 161 beschrieben und in Fig. 40 skizzirt haben, allen Anforderungen entspricht. Aber sie passt doch nur für gewöhnliche Wohnzimmer und ähnliche Fälle, wo die Ventilation vorzugsweise im Winter gebraucht wird, weil im Sommer durch häufigeres Öffnen der Fenster dem Bedürfnis genügend entsprochen werden kann. In allen Fällen, wo stärkere Ventilation erforderlich ist, und wo wir uns von der Heizung unabhängig machen müssen, namentlich auch für die Sommerventilation, müssen wir uns entscheiden, ob wir die Pulsion oder Aspiration benutzen und welche Kräfte dazu verwendet werden sollen. Wo überschüssige Dampfkraft oder Wasserkraft zur Verfügung steht, um einen Ventilator oder ein Trommelgebläse zu betreiben, kann man sich für die Pulsion entscheiden. Wenn aber die zur Ventilation erforderliche Kraft erst durch Verbrennung von Kohle erzeugt werden muss, dann ist es zweckmäßiger die Bewegung der Luft direkt durch Erwärmung zu bewirken. Wollten wir in diesem Falle erst einen Ventilator oder eine Pumpe in Bewegung setzen, so würden wir durch die Reibung einen Teil des Nutzeffektes verlieren. Da nun aber die direkte Verwendung der erwärmten Luft sich sehr schwer zur Impulsion eignet, so ist die Exhaustion in diesem Falle vorzuziehen. **Wahl der Mittel.**

180. Ich bitte Sie jetzt Ihre Aufmerksamkeit diesem großen Glaskasten zuzuwenden, an welchem ich Ihnen die wichtigsten Ver- **Studien am Modell.**

hältnisse bei der Ventilation anschaulich machen möchte. Der aus Holz und Glas gebaute Kasten soll das Modell eines Saales oder Zimmers vorstellen. Um die Bewegung der Luft innerhalb desselben sichtbar zu machen, mischen wir derselben Rauch bei, welchen ich durch Erhitzen von Wachholderbeeren in einer flachen Eisenschale erzeuge. Ein über die Schale gestülpter Blechtrichter mit weitem, gekrümmten Rohr leitet den Rauch in den „Saal“. Dieser ist unten mit einem rings herumgehenden Kanal versehen, durch den der Rauch eintritt, und von diesem Kanal gehen einzelne Öffnungen in das Innere. Durch die gleichmäßig an allen vier Seiten verteilten Öffnungen bewirkt man eine gleichmäßige Verteilung des Rauches in dem Raum, so dass nach einiger Zeit der Raum ganz von dem Rauch erfüllt ist. Der einströmende Rauch ist aber warm und in Folge dessen sieht man ihn aufsteigen und der hintere Teil des „Saales“ ist anfangs mehr davon erfüllt als der vordere, weil von dieser Seite her die Zuströmung erfolgt, aber allmählich gleicht sich dies aus. Es wird dann die Temperatur innerhalb des Raums etwas höher sein als die Luft außen, und wenn man ein Fenster dieses Raums, welches hier seitwärts an seinem oberen Teil angebracht ist, öffnet, wird sofort die warme Luft austreten. Schließt man die untern Öffnungen, so hört das Ausströmen auf; es beginnt aber sofort wieder, so wie ich der Luft unten den Zutritt gestatte.

Schiebe ich jetzt den Kasten, welcher keinen Boden hat, sondern durch die Tischplatte abgeschlossen ist, über unsre Ventilationsöffnung, so strömt keine Luft durch das Fenster aus, vielmehr wird die Zimmerluft angesogen und nach kurzer Zeit wird der Qualm durch den Lockkamin herausgesogen und reine Luft an seine Stelle getreten sein.

Am oberen Rande des Kastens befindet sich ein gleicher, ringsumlaufender Kanal mit gleichmäßig verteilten Öffnungen wie unten. Ich verbinde jetzt den Raucherzeuger mit diesem Kanal, und Sie sehen wie die mit Rauch erfüllte Luft eintritt, sich innerhalb des Raums ausbreitet, nach unten sinkt und dort abgesogen wird. Solange sämtliche obere Öffnungen offen sind, verteilt sich der Rauch gleichmäßig; schließt man aber die Öffnungen an drei Seiten, so tritt der Rauch nur von der einen Seite her ein und bewegt sich in einer krummen Bahn nach abwärts, so dass einzelne Stellen des Raums von der Bewegung gar nicht berührt werden. Das würden also **tote Ecken** sein, wie wir es früher genannt haben.

Zweiundzwanzigste Vorlesung.

Kamin- und Ofenheizung.

Zweck der Heizung. — Kaminheizung. — GALTON'scher Kamin. — Eiserne Öfen. — Massenofen. — Notwendigkeit enger Schornsteine. — Reguliröfen. — Meidinger-Ofen. — Mantelöfen. — Wichtigkeit großer Oberflächen. — Gefährlichkeit der Ofenklappen. — Entstehung von Kohlenoxyd. — Gasheizung.

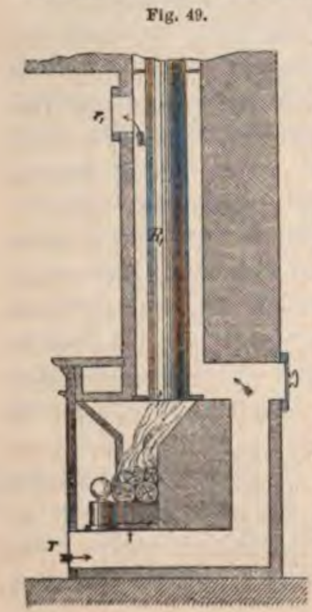
181. Der innige Zusammenhang, welcher zwischen Ventilation und Heizung besteht, veranlasst mich, an dieser Stelle zunächst die Heizungsanlagen zu besprechen und im Anschluss daran noch einiges über die Ventilation nachzutragen. Wie hoch die Temperatur in unsern Zimmern sein muss, um wohlthätig zu wirken, das lässt sich nicht genau in Zahlen angeben. Es hängt das in hohem Grade von der Gewöhnung, aber auch von den Beschäftigungen der Menschen ab. Während wir in Schreibstuben häufig Temperaturen von 20° C. und darüber antreffen, genügen in Werkstätten, in denen körperlich anstrengende Arbeiten betrieben werden 10—12°. Für gewöhnliche Wohnzimmer mögen 15—18° C. ungefähr angemessen sein. Außerdem kommt es darauf an, ob die Ventilation stark oder schwach ist, denn wenn die Luft in Bewegung begriffen ist, wirkt sie stärker abkühlend, ihre Temperatur wird also etwas höher sein können. Endlich kommt auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Betracht. Je feuchter sie ist, desto mehr macht sich höhere Temperatur lästig. Im allgemeinen werden wir sagen, dass das Ideal eines Zimmers das ist, durch welches stets ein genügender, passend temperirter Luftstrom geht. Wer sich erst an einen solchen gewöhnt hat, verweilt nicht gern in stagnirender Luft und ist auch weniger empfindlich gegen etwas kältere Luft oder einen ihn gelegentlich treffenden Luftzug, vor dem sich viele Menschen so sehr scheuen. Da nun die Temperatur bei uns häufig unter die Grenze sinkt, bei welcher wir uns wohl fühlen, so müssen wir unsre Zimmer künstlich erwärmen und das nennen wir Heizung. *(Zweck der Heizung.)*

182. Die einfachste Art der Heizung ist die durch ein offenes Kaminfeuer, welches durch strahlende Wärme wirkt. Da die Luft diatherman ist, bleibt dabei die Luft verhältnismäßig kühl, während die von den Strahlen getroffenen Wände, Möbel, Menschen *(Kaminheizung.)*

sehr stark erwärmt werden. Wo die Strahlung die Wände trifft, werden diese erwärmt und erwärmen ihrerseits wieder die nächsten Luftschichten durch Berührung, wobei diese in die Höhe steigen und andern Platz machen, so dass nach und nach auch die Luft eine höhere Temperatur annimmt. In England, wo der Winter nicht sehr kalt ist, ist diese Feuerung ausreichend; bei uns weniger, weil der Gegensatz zwischen der starken Erwärmung der von der Strahlung getroffenen Teile der Körperoberfläche und der kalten Zimmerluft sich unangenehm bemerklich macht. Ein solcher Kamin wirkt außerdem sehr stark ventilirend, denn die Schlöte, welche zur Abfuhr dienen, pflegen ziemlich weit zu sein, so dass leicht ein sehr starker Zug entsteht. Alles das hat bei uns den Kamin fast ganz verdrängt; und wo er noch vorkommt, dient er mehr dem Luxus als dem Bedürfnis, ist auch häufig nur Teil eines Ofens.

GALTON'scher Kamin. 183. Die Kaminheizung ist auch ökonomisch nicht eben vorteilhaft, denn sie lässt den größten Teil des Nutzeffektes unbenutzt, indem ein sehr erheblicher Teil der durch die Verbrennung erzeugten Wärme durch den Schornstein entweicht. Ein solcher Verlust ist bei jeder Feuerung vorhanden; es kommt nur darauf an, die Einrichtung so zu treffen, dass nicht mehr Wärme durch den Schlot entweicht, als unbedingt nötig ist. Wir können aber diese Mängel erheblich verringern durch eine Abänderung des Kamins, welche in England unter dem Namen des GALTON'schen Kamins (Fig. 49) bekannt ist. Sie hat den Zweck, die im Kamin erzeugte Wärme besser und nicht allein durch die Strahlung zur Erwärmung der Zimmerluft auszunutzen. Die Feuergase gelangen nicht unmittelbar aus dem Kamin in den Schornstein sondern streichen zuvor durch eine eiserne Röhre, welche frei in einer Luftkammer steht. Diese steht unten und oben mit der Zimmerluft in Verbindung. Das hat zur Folge, dass die durch die Rauchröhren stark erhitzte warme Luft aufsteigt, durch die obere Öffnung in das Zimmer hineingelangt, während von unten kalte Zimmerluft angesogen wird. Diese wird wieder erwärmt und strömt oben nach dem Zimmer ab, und es bildet sich so eine fortwährende Rotation

Fig. 49.



oder Zirkulation der Zimmerluft, welche an den Wänden sich abkühlt und nach unten sinkt, um von neuem zum Kamin zurückzukehren und dort neue Wärme aufzunehmen. Die Ausnutzung der erzeugten Wärme kann noch vermehrt werden, indem man die Eisenplatte, welche den Kamin nach hinten abgrenzt, mit vorspringenden Rippen versieht und so die Wärme abgebende Oberfläche vergrößert, oder, was dasselbe bezweckt, dadurch, dass man die Heizgase nicht nur durch eine, sondern durch eine Reihe von neben einander gestellten Röhren strömen lässt.

Neben der geschilderten Zirkulation der Zimmerluft wird natürlich auch ein Teil der Zimmerluft vom Feuer angesogen, welche zur Unterhaltung des Brennens dient und in den Schornstein entweicht. Man kann aber leicht die Einrichtung dahin vervollständigen, dass sie zugleich zu kräftiger Ventilation dient: Man bricht durch die Mauer eine Öffnung nach außen ins Freie und trifft eine solche Einrichtung, dass man entweder diese oder die andre vorher erwähnte Öffnung, welche die untere Verbindung der Luftkammer mit dem Zimmer vermittelt, schließen kann. Ist das letztere der Fall, so wird Luft aus dem Freien angesogen, wird in der Heizkammer erwärmt und gelangt so ins Zimmer. Der Teil der Luft, welcher zur Verbrennung dient, wird ersetzt werden durch die von außen eindringende Luft. Man hat also Heizung durch strahlende Flamme und Ventilation mit gleichzeitiger Erwärmung der Ventilationsluft.

184. Am nächsten der Kaminfeuerung kommen die allerdings jetzt nur noch ausnahmsweise üblichen einfachen eisernen Öfen, in denen ein Feuer angezündet wird innerhalb einer eisernen Umhüllung. Wenn ein solcher Ofen ins Glühen gerät, wird er dadurch fast wie eine freie Flamme wirken. Wenn dagegen der die Flamme umschließende Mantel dicker ist und aus weniger gut leitendem Material besteht, wenn z. B. der Brennraum eines eisernen Ofens mit feuerfesten Steinen ausgemauert oder der Ofen ganz aus Steinen, Kacheln oder ähnlichem Material gebaut ist, dann wird die im Innern brennende Flamme den äußeren Mantel nicht zur Glut erhitzen können und die Strahlung wird schwächer werden. Ein solcher Ofen kann aber in andrer Weise die Luft des Zimmers erwärmen. Es wird von der warmen Fläche nur eine mäßige Strahlung ausgehen, aber gleichzeitig wird die Luft, welche mit der warmen Oberfläche des Ofens in Berührung ist, erwärmt. Sie wird dadurch ausgedehnt, steigt in die Höhe, während unten kalte Zimmerluft heranströmt. Und so wird in derselben Weise wie bei der Galton'schen Einrichtung eine Rota-

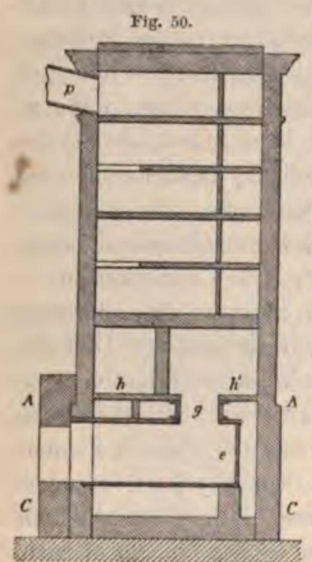
Eiserne Öfen.

tion der Zimmerluft zu stande kommen, welche nach und nach die Luft auf einen bestimmten mittleren Grade erwärmt, der so lange konstant bleibt, als die Temperatur des Ofens und die Abkühlungsbedingungen, welche hauptsächlich von der Temperatur der Außenluft abhängen, sich nicht ändern. Wir haben es bei solchen Öfen etwas mehr in unsrer Gewalt, die Zimmerluft in gleichmäßiger Wärme zu erhalten. Die einfachen eisernen Öfen gestatten eine Regulirung nicht gut; ihre Mängel werden etwas gemildert, wenn ihre Oberfläche, wie bei dem in Fig. 39 (S. 167) dargestellten Ofen, recht groß und durch die dort angedeutete Zwischenwand oder Zunge w die ausgiebige Berührung der heißen Gase mit dieser Oberfläche gesichert ist.

Massenofen.

185. Um eine möglichst gleichförmige, längere Zeit anhaltende Erwärmung der Zimmer zu erhalten, wenn möglich ohne dass man genötigt ist, sich fortwährend um die Unterhaltung und Regulirung des Feuers zu kümmern, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Der eine Weg, welcher betreten worden ist in den kalten Ländern, wo die Kunst der Heizung, weil das Bedürfnis dringend vorhanden war, am frühesten sich entwickelte, führte zur Konstruktion der russischen oder schwedischen Öfen, welche auch in Norddeutschland viel in Gebrauch sind und besonders durch die Bemühungen eines geschickten Ofenfabrikanten, FEILNER in Berlin, zu hoher Vollkommenheit ausgebildet worden sind. Der Sinn dieses FEILNER'schen Ofens (vgl. Fig. 50) ist der, dass man ihn aus einer möglichst großen schweren Masse eines schlechten Wärmeleiters konstruirt, welche bestimmt ist, die in ihm durch Verbrennung einer gewisser Menge von Brennmaterial erzeugte Wärmemenge aufzunehmen und nach und nach an das Zimmer abzugeben, so dass, wenn das Feuer aufgehört hat zu brennen, ein Vorrat von Wärme in dem Ofen aufgespeichert ist, die dann nach und nach an das Zimmer abgegeben wird. Wir können daher diese Öfen, weil sie aus großen Massen von Material aufgebaut sein müssen, die die Wärme in sich aufspeichern, zweckmäßig als Massenöfen bezeichnen. Sie bestehen am besten aus Backsteinen, welche so angeordnet sind, dass ein gewisser Raum ausgespart ist, in dem

Fig. 50.



die Verbrennung zunächst stattfindet, der Feuerkasten. Dieser ist gegen das Zimmer abgeschlossen durch eine Feuerthür, zur Einfüllung des Materials, in der sich eine regulirbare Öffnung befindet, um viel oder wenig Luft einlassen zu können. Unter dem Feuerkasten befindet sich ein Raum, um die abfallende Asche aufzunehmen; dieser ist von dem Feuerkasten durch einen Rost getrennt. Auch der Aschenraum ist mit einer Thür mit regulirbarer Öffnung versehen. Der größere Teil der zur Verbrennung erforderlichen Feuerluft tritt durch den Rost zum Feuer. Hauptsächlich durch Regulirung dieses Luftzutritts wird die Geschwindigkeit der Verbrennung geregelt. Die durch den Verbrennungsprozess entstehenden Gase, die Feuergase, welche sehr heiß sind, werden nicht direkt dem Schlot zugeführt, sondern durch sogenannte Züge, die in den Ofen ausgespart sind, auf Zickzackwegen hin und hergeleitet. Das geschieht dadurch, dass in horizontal übereinanderliegenden Schichten die Feuergase in den aus Steinen gemauerten Kanälen sich hindurchwinden und dabei einen großen Teil ihrer Wärme an die Steine abgeben.

Indem die heißen Feuergase den Ofen passiren, geben sie Wärme an ihn ab; es bleibt nur so viel übrig, um die Luft in dem Schornstein so weit zu erwärmen, dass der Zug unterhalten wird. Das würde den Nachteil haben, dass es lange dauert, bis die Steine so weit durchwärmt sind, dass sie Wärme ans Zimmer abgeben können. Um diesen Fehler zu vermeiden, baute Feilner den Feuerkasten aus Eisen und brachte unten in dem Ofen einige Öffnungen an und ebenso einige in dem Ofenmantel dicht über dem Feuerkasten. Dies hat zur Folge, dass unten kalte Luft eintritt, sich erwärmt und als warme Luft austritt. Nach und nach erwärmt sich erst die Masse des Ofens. Dann mag das Feuer ausgehen; der Ofen gibt die aufgespeicherte Wärme wieder ab und heizt das Zimmer weiter.

Notwendigkeit enger Schornsteine.

186. Wegen des weiten und gewundenen Weges, welchen die Feuergase in diesen Öfen zurückzulegen haben, ehe sie in den Schornstein gelangen, wird ihre Geschwindigkeit sehr vermindert, und es müssen daher die Schornsteine einen guten Zug haben, damit das Feuer brennen kann. Dazu ist es nötig, dass dieselben nicht zu weit sind. Denn es könnte sonst leicht sich ereignen, dass neben einander in dem weiten Raum Temperaturdifferenzen sich bilden, und die kalte Luft an einer Seite des Schlotes herunter sinkt, während an der andern Seite die warme Luft in die Höhe steigt. Es entstehen dann Wirbel, die sich allmählich immer weiter nach abwärts erstrecken und zur Störung des Zuges und zum Rauchen des Ofens Veranlassung

geben können. Es ist ein alter Glaube, dass solche Störungen leicht stattfinden, wenn die Sonne auf den Schornstein scheint. Etwas Wahres ist an der Sache. Wenn nämlich die Sonne einen gemauerten Kamin einseitig erwärmt, so begünstigt sie das Entstehen solcher lokaler Strömungen, bei welchen die Luft an der erwärmten Seite Seite aufsteigt, an der entgegengesetzten niedersinkt. Diese pflanzen sich dann immer weiter nach unten fort und hindern zuletzt den regelrechten Abzug der Feuergase. Noch öfter werden solche Störungen bewirkt durch den Wind. Es ist deshalb gut, damit die Schlöte gut ziehen, Windsauger von der Art der früher beschriebenen (vgl. Fig. 45) aufzusetzen, um den Wind zu verhindern in den Schornstein zu pfeifen und Störungen im Aufsteigen der Feuergase zu bewirken. Eiserne Aufsätze haben dabei auch noch den Vorteil, dass eine einseitige Abkühlung oder Erwärmung nicht zu Stande kommen kann wegen des guten Wärmeleitungsvermögens des Eisens.

Regaliröfen. **187.** Während bei den Massenöfen die Verbrennung des auf einmal eingebrachten Brennmaterials innerhalb kurzer Zeit erfolgt, und die dadurch erzeugte Wärme in der großen Masse des Ofens aufgespeichert wird, strebt man bei der zweiten Art von Öfen, den Reguliröfen, eine Verzögerung des Verbrennungsprozesses in der Art an, dass der Ofen zwar mit einer größern Menge von Brennmaterial beschickt, dasselbe aber so langsam verbrannt wird, dass immer nur gerade so viel Wärme erzeugt wird, als zur Erhaltung der gewünschten Zimmertemperatur erforderlich ist.

Wegen der größern Menge von Brennmaterial, welches in derartige Öfen auf einmal in einen dazu bestimmten Schacht eingefüllt wird, bezeichnet man sie auch wohl als Schacht- oder Füll-Öfen. Dabei entsteht aber eine Schwierigkeit. Für gewöhnlich sind die Heizungen so eingerichtet, dass man erst Holz entzündet, dann Kohlen aufschüttet und zwar so viel, als gerade gut brennen können. Sind die Schichten von Kohle zu hoch, so wird die Verbrennung gestört; zwar verbrennen die untern Schichten gut, die darüberliegenden aber werden glühend, bekommen keine genügende Zufuhr von frischem Sauerstoff, sondern nur von Luft, welche schon zur Verbrennung gedient hat, also arm an Sauerstoff und reich an Kohlensäure ist. Letztere wird, wenn sie durch die glühenden Kohlen streicht, reduzirt, ein Teil ihres Sauerstoffs verbindet sich mit den Kohlen, und Kohlenoxyd bleibt übrig, während aus den Kohlen auch Kohlenoxyd entsteht. Dies ist ein großer Verlust für die Wärmeerzeugung. Wenn ein kg Kohle zu Kohlensäure verbrennt, so erzeugt es 8000 Calorieen, wenn

aber zu Kohlenoxyd, so wird viel weniger Wärme gebildet, nur etwas über 2000; denn die Kohle ist im Kohlenoxyd nur unvollständig verbrannt und kann selbst noch Wärme durch vollständige Verbrennung bilden. Außerdem ist Kohlenoxyd ein giftiges Gas, welches man womöglich nicht entstehen lassen soll, weil es Vergiftungen veranlassen kann. Dazu kommt noch, dass wenn nicht reiner Kohlenstoff verbrennt, wie Coke, sondern etwa Steinkohlen, sich Gase bilden, die unverbrannt weggehen, so dass der Verlust noch größer ist und dass die Steinkohlen leicht zusammenbacken zu einer dichten Decke, so dass der Ofen qualmt.

MEIDINGER Ofen.

188. Diese Fehler vermeidet MEIDINGER, dessen Füll- und Regulirofen (Fig. 51) vielen andern als Vorbild gedient hat, dadurch, dass er den Schacht, in welchem die Verbrennung stattfinden soll, bis zu einer beliebigen Höhe mit Kohlen füllt und nun die Verbrennung nicht wie gewöhnlich dadurch herstellt, dass er unten das Feuer entzündet, sondern umgekehrt von oben nach unten fortschreiten lässt. Zu diesem Zwecke ist der Schacht, der durch ein Rauchrohr mit dem Schlot in Verbindung steht, oben durch einen Deckel zu schließen. Man legt etwas Holz auf die Kohlen und darüber noch einige Kohlen, entzündet das Holz und legt den Deckel wieder auf. Die von unten zugeführte Verbrennungsluft streicht durch die kalten Kohlen bis sie an die brennende Schicht kommt, und da die unmittelbar an dieser anliegenden Kohlen heiß sind, so entzünden sie sich auch. Die nächste untere Schicht wird durch die Glut so erhitzt, dass sie gleichfalls in Brand gerät und so pflanzt sich der Brand langsam nach unten fort, bis der ganze Kohlenvorrat verbrannt ist. Dies kann man in kurzer oder längerer Zeit vor sich gehen lassen, je nach dem Luftquantum, welches man zutreten lässt. Um dies zu reguliren, ist unten eine Thür angebracht, die man weiter oder weniger weit öffnen kann.

Fig. 51 a.
Senkrechter Durchschnitt

Fig. 51 b.
Horizontaler Durchschnitt
durch das Halsstück
durch den gerippten Ring

An dem MEIDINGER'schen Ofen ist der zum Eintritt der Luft dienende Ansatz mit einer viereckigen, glatt abgeschliffenen Öffnung

versehen, auf welcher eine Platte seitlich verschoben werden kann. Durch diese einfache Regulirung kann man es dahin bringen, dass der Kohlenvorrat in dem Schacht mehr oder weniger schnell verbrennt.

Mantelofen. **189.** Die je nach der Intensität der Verbrennung in jedem Zeitteilchen entstehende Wärmemenge soll nicht aufgespeichert werden, sondern wir wollen sie sofort nutzbar machen. Man muss deshalb ihren schnellen Übergang auf die umgebende Luft auf alle mögliche Weise begünstigen. Der gusseiserne Zylinder des Meidinger'schen Ofens ist deshalb mit Rippen versehen, um seine Oberfläche zu vergrößern, so dass die Luft, die mit dem Zylinder in Berührung ist, die erzeugte Wärme leicht und schnell aufnimmt. Ferner ist der Zylinder umgeben mit einem dünnen Mantel von Blech und dieser wieder von einem zweiten weitern Blechzylinder. Zwischen diesen Zylindern wird die Luft stark erwärmt; da die Zylinder unten offen sind, so wird von unten kalte Luft zuströmen, wird erwärmt in die Höhe steigen, sich in dem Zimmer verbreiten, dort abkühlen, wieder als kalte Luft herankommen. Dieser Vorgang wird eine Umwälzung der Luft im Zimmer bewirken und eine möglichst gleichförmige Mischung zur Folge haben.

In ähnlicher Weise wie den Galton'schen Kamin können wir auch diesen Ofen zur Ventilation verwenden. Wenn man den äußern Mantel so einrichtet, dass er bis auf den Boden des Zimmers reicht und den Zylinderraum durch einen Kanal, der durch die Wand geht, in Verbindung setzt mit der Außenluft, so wird von außen Luft angesogen, welche zum Ersatz für die durch den Verbrennungsprozess verbrauchte Luft dient. Derartige Öfen (vgl. Fig. 52) sind für Schulzimmer und ähnliche Räume zu empfehlen. Es ist dann je nach den Umständen möglich, dass man mit oder ohne Ventilation heizen kann. An den bis auf den Boden hinabreichenden Mantel schließt sich an einer Seite ein Kanal, welcher ins Freie führt (Fig. 53) während sich gegenüber eine Öffnung befindet, die mit dem Zimmer kommunizirt. Ein Schieber, welcher die halbe Kreisperipherie einnimmt, kann je nach seiner Stellung abwechselnd die eine oder andre Öffnung verschließen bzw. öffnen.

Fig. 52.

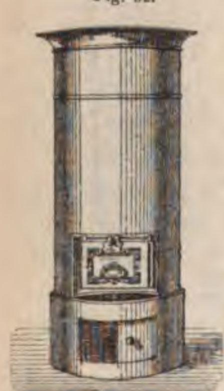


Fig. 53.



Das Prinzip, dass der Ofen von einem Mantel umgeben ist und die Luft erwärmt, ist wich-

tig, besonders wenn der Ofen durch seine direkte strahlende Wärme unbequem würde. Die Strahlung wird durch den Mantel abgefangen, die Luft zwischen ihm und dem Ofen wird stark erwärmt, wodurch die Strömung der erwärmten Luft so groß wird, dass die erzeugte Wärme sich sehr schnell dem Raume mitteilt und sich sehr gleichmäßig in ihm verteilt.

190. Bei allen Regaliröfen ist es vorteilhaft, die erzeugte Wärme schnell und soweit als möglich dem Zimmer zuzuführen und den Feuergasen beim Übergang in den Schornstein nur eben gerade soviel Wärme zu belassen, als zur Unterhaltung des Zuges notwendig ist. Man erreicht dies durch Vergrößerung der Oberfläche des Ofens, was zu den mannigfaltigsten Konstruktionsformen geführt hat: Säulenofen, Etagenofen, Röhrenofen. Bei den hierzulande sehr verbreiteten Reguliröfen aus Kacheln dienen zu demselben Zweck die sogenannten Durchsichten, den Ofen quer durchsetzende, vorn und hinten offene Einsätze von Blech mit rechteckigem Querschnitt, welche von den Feuergasen umspült werden, deren Wärme aufnehmen und auf die Zimmerluft übertragen. Sind sie hinten geschlossen und werden auch an dieser Rückwand von den Feuergasen erwärmt, so bilden sie die bekanten Nischen oder Wärmeröhren. Wichtigkeit großer Oberflächen.

Bei einer andern Art von Reguliröfen ist der Brennraum von dem Füllraum verschieden. Letzterer besteht z. B. bei manchen Öfen (welche deshalb auch als Schachtöfen im engern Sinne bezeichnet werden) aus einem geneigten Schacht, der seitwärts angebracht ist und in den man die Kohlen bringt. Unten, wo Brennraum und Füllraum an einander stoßen, bilden die Kohlen einen Haufen, welcher das Nachrücken der weiteren so lange verhindert, als die untern noch nicht verbrannt sind. Durch Regulirung des Luftzutritts zum Rost kann man je nach Bedürfnis starke oder schwache Verbrennung bewirken. Solche Regulir- oder Füll- oder Schachtöfen sind das Gegenstück des russischen oder Massen-Ofens. Während sich bei jenen die Verbrennung über einen großen Zeitraum erstreckt, wird sie bei diesen auf einen kurzen Zeitraum beschränkt, aber die erzeugte Wärme aufgespeichert. Man kann auch Kombinationen dieser Systeme einführen: Als solche können wir unsre aus Kacheln und Blecheinsätzen zusammengesetzten Öfen ansehen. Während letztere die Wärme schnell an die Zimmerluft abgeben, speichern die schlecht leitenden Kacheln einen Teil der Wärme auf und geben ihn nach Erlöschen des Feuers noch für kurze Zeit her.

Gefährlichkeit der Ofenklappen.

191. Wir wollen jetzt untersuchen, ob ein hygienischer Schaden durch einen Ofen entstehen kann. Beim Feilner'schen Ofen wird die Verbrennung auf kurze Zeit zusammengedrängt und dann soll die Wärme nachträglich ans Zimmer abgegeben werden. Da der Ofen aber warm ist, so würde er fortwährend Luft aus dem Zimmer ansaugen, welche durch den Schornstein entweicht. Da kein Feuer mehr brennt, wird die Luft nicht mehr erwärmt und sie wird einen Teil der Wärme auf Kosten des Ofens entführen. Man hat nach einem Mittel gesucht, dies zu vermeiden, und fand es darin, dass man in dem Rohr, welches den Ofen mit dem Schornstein in Verbindung setzt, eine Drosselklappe anbrachte, die das Rohr abzuschließen gestattet, wenn das Feuer ausgebrannt ist. Sobald dies geschehen ist, kann der Luftzug nicht mehr stattfinden; die Wärme bleibt im Ofen. Dabei entsteht aber sehr leicht der Übelstand, dass man die Klappe zu früh schließt, was häufig Unglücksfälle herbeiführt. Wenn nämlich noch ein Rest unverbrannter Kohlensubstanz vorhanden ist und man schließt die Klappe, so wird der Luftzug erschwert sein, die Verbrennung der Kohle wird nur unvollständig erfolgen können und CO wird entstehen. Dieses kann nicht in den Schlot entweichen und wird daher, da noch etwas Wärme erzeugt wird, sehr leicht ins Zimmer eindringen und Vergiftungen bewirken. Dies kann um so leichter geschehen da, wie wir gesehen haben (§ 125), schon geringe Mengen dieses Gases tötlich sind und da sich dasselbe zuweilen weder durch den Geruch noch sonstwie bemerklich macht. Am größten ist die Gefahr, wenn die Menschen schlafen, weil sie dann häufig sterben ohne zu erwachen und Hilfe suchen zu können, oder in andren Fällen die Leute zwar aufwachen aber dann schon so kraftlos sind, dass sie ohnmächtig hinfallen.

Die Einrichtung der Ofenklappe ist daher eine gefährliche und es rechtfertigt sich, dass man, da man den Schluss nicht kontroliren kann, das Anbringen solcher Klappen vollständig verbietet. Der Einwand, dass dadurch Heizeffekt verloren geht, kann nicht in Frage kommen, wo es sich um Lebensgefahr handelt. Aber andrerseits kann man sich die Frage vorlegen, ob man dies nicht vermeiden kann und doch Einrichtungen treffen, die uns schützen gegen die ökonomischen Verluste. So hat man vorgeschlagen, noch ein zweites Verbindungsrohr zwischen Schornstein und Ofen herzustellen dicht über dem Feuerraum und beide durch Klappen zu schließen. Indem erst die obere geöffnet wird und die untere geschlossen, wenn das Feuer brennt, wird die Leitung der Feuergase in der gewöhnlichen Weise

durch die Züge vor sich gehen, und die Wärme wird in dem Ofen aufgespeichert werden. Schließt man später die obere Klappe und öffnet die untere, so wird, auch wenn noch unverbrannte Kohlen im Ofen sind, Luft durch den Feuerraum streichen und die Verbrennung vollenden; da aber dieser Luftzug nicht durch die Züge geht, wird der Ofen nicht so schnell erkalten. Statt dessen hat man auch ein enges kleines Rohr anbringen wollen, welches nicht viel von der Wärme abführt, aber wenn die Klappe geschlossen ist, die Gefahr beseitigen soll. Endlich hat man luftdicht schließende Thüren angebracht, welche verhindern sollen, dass CO in das Zimmer gelangt. Diese letztere Aufgabe kann die Ofenthüre nicht erfüllen. Angenommen der Ofen sei luftdicht abgeschlossen durch die Thür, aber die Kommunikation mit dem Schlot besteht, so kann man nicht vermeiden, dass die vorher zirkulirende, später im Schornstein stagnirende Luft sich allmählich abkühlt. Es müssen demzufolge von der äußern Mündung her sich absteigende Luftströme einstellen. Da aber die eindringende Luft kalt ist, geht die Strömung immer weiter nach unten und pflanzt sich bis zum Ofen fort. Dann wird durch die Abkühlung die Luft verdichtet und es wird der Ofen nicht nur abgekühlt, sondern er bekommt auch leicht feine Risse und man hat keine Garantie, dass nicht durch diese CO in die Zimmer dringt. Am richtigsten ist es, keine Ofenklappe anzubringen, aber trotzdem die Ofenthür nicht ganz luftdicht zu schließen. Es wird dann ein schwacher Luftzug durch den Ofen gehen, der zwar etwas Wärme fortführt, aber er gibt uns die Garantie, dass er die entgegengesetzte Strömung, welche die schädlichen Gase in die Zimmer bringen könnte, ausschließt.

Entstehung von Kohlenoxyd.

192. Was die eisernen Öfen anlangt, besonders die gewöhnlichen kleinen Öfen, so haben einige geglaubt, dass dieselben besonders gefährlich seien, weil durch Experimente nachgewiesen worden ist, dass glühendes Eisen für manche Gase, insbesondre für Kohlenoxyd durchgängig ist. Wenn man durch ein Porzellanrohr Wasserstoffgas leitet und dann das Rohr weißglühend macht, so kann man nachweisen, dass das Gas durch die Poren nach außen geht. Was beim Porzellan nur bei höchster Weißglut vor sich geht, findet beim Eisen viel leichter statt, es wird schon durchlässig bei Rotglut. Nicht alle Gase gehen gleich leicht durch, Kohlensäure schwerer als Wasserstoff etc. Da nun also CO durch rotglühendes Eisen durchgeht und nicht immer die Garantie gegeben ist, dass alle Kohle vollständig zu Kohlensäure verbrennt, so glaubte man, dass CO ins Zimmer gelangen müsse. Diese Annahme ist falsch. So lange nämlich das Feuer in dem Ofen

brennt, herrscht ein starker Zug, welcher die Gase in den Schlot führt; in entgegengesetzter Richtung wird kein Gas ausströmen, weil der Luftdruck im Zimmer eben größer ist. Erst wenn man die Klappe schließt, wäre dies möglich, dann aber erkaltet der Ofen und ist für CO nicht mehr durchgängig. Wenn trotzdem in einzelnen Fällen CO in der Zimmerluft in geringen Spuren gefunden wurde, so ist es höchstwahrscheinlich im Zimmer selbst entstanden. Kleine Kohlepartikelchen, organischer Staub u. d. g. werden durch die Luftströmungen an den Ofen herangeführt und verbrennen an ihm, wenn seine Temperatur so hoch ist, wie es bei den eisernen Öfen und auch bei eisernen Einsätzen in Kachelöfen oft der Fall ist. Dies sollte aber bei jedem Ofen stets vermieden werden. Deswegen sind eiserne Öfen nur zu empfehlen, wenn sie durch ihre Konstruktion gegen das Glühendwerden geschützt sind. Entweder muss der Brennraum durch Ausmauerung mit feuerfesten Steinen verstärkt sein, oder seine Oberfläche muss so vergrößert werden, etwa durch angegossene Rippen, dass ihn die umspülende Luft immer genügend abkühlt. Je größer die heizende Oberfläche des Ofens ist, desto leichter wird er das Zimmer erwärmen, ohne selbst übermäßig heiß zu sein. Darum sind alle Mittel, welche die Oberfläche vergrößern, als zweckmäßig zu empfehlen.

Den Hauptnachdruck müssen wir bei jeder Ofenheizung darauf legen, dass die Wärme des Zimmers eine möglichst gleichmäßige sei und dass große und schroffe Temperaturschwankungen möglichst vermieden werden. Das leistet ein guter Massenofen am besten, nächstdem ein guter Regulirofen; am wenigsten ein Kamin oder gar ein gewöhnlicher eiserner Ofen ohne Regulirvorrichtung.

Gasheizung.

193. Man kann statt der gewöhnlichen Brennmaterialien auch Leuchtgas verwenden, welches viel Wärme produzirt. Leuchtgas ist leicht durch Röhren zu leiten, es ist reinlich, man bekommt dabei keine Asche etc. Trotz dieser Vorteile ist die Verwendung bis jetzt in ihren ersten Anfängen geblieben, hat aber eine Zukunft und wird vielleicht die Kohlenheizung mehr und mehr verdrängen.

Ein solcher Gasofen, von F. Siemens in Dresden, ist in Fig. 54 dargestellt. Das aus feinen Röhren r ausströmende Gas brennt vor vertikalen Porzellanplatten, über deren obern Rand die Flamme in Folge des Luftzugs sich umbiegt. Die Verbrennungsgase ziehen hinter den Platten erst nach abwärts, dann wieder aufwärts durch ein Blechrohr b und schließlich im hintern Abschnitt o wieder nach abwärts, um durch den Rohrstutzen s zu entweichen. Auf diesem

Wege geben sie ihre Wärme fast ganz an die Zimmerluft ab, die im Raum c das Rohr b umspült und durch die Öffnungen oben austritt. Durch die Vorwärmung des Gases und der Verbrennungsluft wird eine sehr vollkommene Verbrennung des Gases erzielt, so dass nur reine Kohlensäure und Wasserdampf abziehen. Letzterer kondensirt sich zum Teil im Raum o und kann durch den Hahn h abgelassen werden. Die Kohlensäure kann ohne Schaden ins Zimmer gelangen oder durch Verbindung des Stutzens s mit einem Schornstein durch diesen entweichen, wodurch dann zugleich eine Ventilation des Zimmers bewirkt wird. Die hellleuchtende Flamme wirkt zugleich durch ihre strahlende Wärme nach Art eines Kamins.

Fig. 54.

Schnitt A-B

Schnitt C-D

Statt des gewöhnlichen Leuchtgases hat man zu Heizzwecken auch das sogenannte Wassergas hergestellt. Wenn man Wasserdampf über glühende Kohlen leitet, so wird das Wasser zersetzt und man erhält ein Gemenge von Wasserstoff und Kohlenoxyd, welches bei seiner Verbrennung allerdings sehr viel mehr Wärme produzirt als gewöhnliches Leuchtgas. Dasselbe ist aber sehr gefährlich, wegen seines Reichtums an CO und kann daher den größten Schaden anrichten, um so mehr, als es gar nicht riecht, also ein etwaiges Ausströmen aus einer undichten Stelle oder bei offengelassenem Hahn nicht bemerkt wird. Man hat deshalb vorgeschlagen, dem Wassergas absichtlich stark riechende Gase beizumischen.

Dreiundzwanzigste Vorlesung.

Zentralheizung.

Fortführung der Wärme. — Warmwasserheizung. — Heisswasserheizung. — Verbindung mit Ventilation. — Dampfheizung. — Oberflächenvergrößerung der Heizkörper. — Luftheizung. — Luftheizung mit Ventilation. — Heizung- und Lüftung des hygienischen Hörsaals.

Fortführung der Wärme.

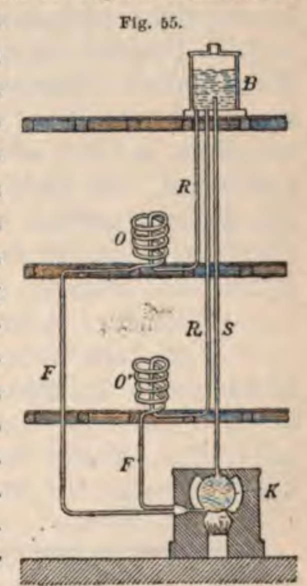
194. Bei den bisher betrachteten Heizeinrichtungen war in jedem zu erwärmenden Raum ein besondrer Verbrennungsherd vorhanden. Es kommt wohl vor, dass für zwei aneinanderstoßende Zimmer nur ein Ofen vorgesehen ist; das ändert aber noch nicht das Prinzip der lokalen Heizung. Es gibt aber auch Heizungseinrichtungen, bei denen die Wärmeerzeugung an einem ganz andern Orte stattfindet als die Wärmeverwertung.

Man unterscheidet bei der Fortpflanzung der Wärme drei Arten: 1) Leitung, bei welcher die Wärme von einen Körper in einen andern nur bei Berührung übergeht, 2) Strahlung von einem Körper auf einen entfernten, und endlich 3) die Fortführung der Wärme. Wenn wir nämlich einen erwärmten Körper haben, so steckt in demselben eine gewisse Menge von Wärme, die wir in Calorieen ausdrücken können; wenn wir den Körper forttragen, so nimmt er die Wärme mit, und man kann sie anderswo nutzbar machen. Auf diese Weise wird im kleinen Wärme aufgespeichert, indem man ein mit Wasser gefülltes Gefäß oder einen Stein erwärmt, um durch sie dann ein Bett etc. zu erwärmen. In andern Fällen wird nicht bloß erwärmtes Wasser angewandt, in dem eine gewisse Quantität Wärme steckt, sondern es wird auch die latente Wärme nutzbar gemacht. Viele Salze, z. B. die Natriumsalze der Schwefelsäure, unterschwefligen Säure, Essigsäure, haben die Eigenschaft, dass sie beim Erwärmen mit Wasser Hydrate bilden, welche viel löslicher sind als die ursprünglichen Salze. Macht man eine solche Lösung in warmem Wasser, so bleibt sie eine Zeit lang nach der Abkühlung noch flüssig, aber die geringste Erschütterung macht sie erstarren und gibt einen Brei von Wasser mit Kristallen. Erwärmt man wieder, so wird eine gewisse Menge Wärme noch zugeführt werden, um die festen Kristalle wieder in flüssige Form überzuführen. Diese Wärme steckt als latente Wärme

in der Lösung und im Augenblick des Erstarrens gibt die Masse die Wärme wieder her. Man macht davon Gebrauch, indem man eine solche übersättigte Lösung in kupfernen Gefäßen erwärmt, oder hat auch eigne Öfen konstruirt, in denen Gefäße, die mit dem Salz und der nötigen Wassermenge gefüllt sind, erwärmt werden. Wenn das Feuer ausgeht, hat man noch die zur Schmelzung aufgewendete latente Wärme in dem Ofen. Man kann diesen in einen zu erwärmenden Raum bringen, an den er dann langsam seine Wärme abgibt. Wird das hier im Kleinen benutzte Prinzip der Fortführung der Wärme in größerem Maßstabe ausgeführt, so kann man von einer Feuerstelle aus auch gleichzeitig mehrere Räume erwärmen, alle Zimmer eines Hauses oder auch mehrere Häuser. Eine solche Einrichtung nennt man Zentralheizung.

195. Die einfachste Art der Zentralheizung benutzt Wasser als Wärmeträger. Eine Einrichtung dieser Art ist in Fig. 55 schematisch dargestellt. Von einem Kessel K geht ein Rohr S vertikal in die Höhe in ein hoch angebrachtes Reservoir B. Der Kessel ist mit Wasser bis zu einem gewissen Maße gefüllt. Erwärmt man das Wasser, so steigt es in die Höhe und gelangt in das Reservoir. Leitet man von diesem das warme Wasser durch Röhren R, R, in die Zimmer, so kann man es dort zur Heizung benutzen, indem durch die metallische Wandung der Röhren die Wärme an die Zimmerluft abgegeben wird. Lässt man das Rohr wieder in den Kessel einmünden, so wird das erkaltete Wasser dorthin zurückkehren und wird von neuem Wärme aufnehmen. So wird ein Strom von warmen Wasser kreisen, welcher einen Teil seiner von dem Feuer empfangenen Wärme an die zu heizenden Räume abgibt. Da man die Rohre vielfach teilen und in den Zimmern schlangenförmig winden kann, um ihre Oberfläche zu vergrößern, ehe sie zum Kessel zurückkehren, so kann man die Wärmeverteilung dem Bedürfnis anpassen. Man nennt diese Art von Heizung Warmwasserheizung. Warmwasserheizung.

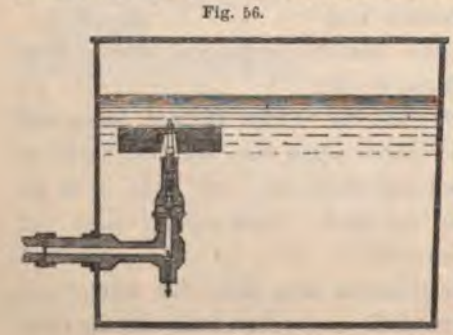
Fig. 55.



196. Die Warmwasserheizung erlaubt aber nicht eine sehr starke Erwärmung des Wassers; dasselbe hat in der Regel eine Temperatur Heißwasserheizung.

von nur 60—70°. Um die Erwärmung der Größe des Zimmers anzupassen, muss man die aus den gewundenen Röhren gebildeten Wasseröfen zuweilen sehr groß machen. Man kann den Nutzeffekt verstärken, wenn man die Einrichtung der Art trifft, dass das Röhrensystem nicht oben offen ist, und in ein Reservoir einmündet, wie in Fig. 55, wodurch sehr viel Wärme verloren geht, sondern dass man es in sich geschlossen macht. Erhitzt man Wasser in einem solchen geschlossenen System, so kann es sich nicht ausdehnen und wird infolge dessen einen starken Druck ausüben. Man wird daher gut thun, gewisse Sicherheitsvorrichtungen anzubringen z. B. an einzelnen Stellen kleine Reservoirs, die mit Luft gefüllt sind, welche als elastisches Polster dient und das Platzen der Röhren verhütet. Solches Wasser kann man über 100° erhitzen und natürlich ist dann der Nutzeffekt ein größerer, denn das heißere Wasser und der geringe Wärmeverlust machen, dass der Aufwand an Feuerung besser verwertet wird. Weil bei dem erst bezeichneten System das Wasser nur mäßig erwärmt wird, in letzterem dagegen sehr stark, bezeichnet man ersteres als Warmwasser- letzteres als Heißwassersystem. Letzteres ist ökonomischer in Bezug auf Wärmeverbrauch, aber kostspieliger in der Anlage, weil man sehr starke Röhren braucht, welche dem Druck widerstehen, und bleibt immerhin etwas gefährlich, wenn es nicht sehr gut und sorgfältig ausgeführt ist. Bei den ersten Versuchen mit diesem System ist daher hin und wieder zuweilen ein Bruch der Röhren vorgekommen. Darum ist es in neuerer Zeit wieder verlassen worden zu Gunsten eines gemischten. In diesem ist nämlich geradeso wie beim Warmwassersystem ein Reservoir angebracht, aber die Röhren, die das Wasser zu- und abführen, sind in sich geschlossen und haben ein Sicherheitsventil, welches sich bei einem gewissen Überdruck öffnet. Dieses Sicherheitsventil (Fig. 56) liegt innerhalb des Reservoirs unter dem Niveau des in diesem enthaltenen Wassers. Steigt der Druck in den Röhren über das zulässige Maß, so öffnet sich das obere Ventil und das heiße Wasser geht in das Reservoir über. Sinkt der Druck, so öffnet sich das untere Ventil und saugt Wasser ein, so dass die Röhren immer gleichmäßig gefüllt bleiben.

Fig. 56.



197. Die Wasserheizung hat außerordentliche Vorteile, indem sie die Öfen, in denen Feuer brennt, ersetzt durch die sehr sauberen schönen Öfen aus metallischen Röhren; es bedarf keiner Zutragung von Kohlen, Forträumung der Asche in den Zimmern u. s. w., sondern die ganze Arbeit wird in den Keller verlegt und von einer Stelle aus wird das Haus geheizt; die Wärme kann gut regulirt werden durch Ventil-Hähne, die den Zufluss des heißen Wassers regeln. Aber einen Umstand müssen wir berücksichtigen; was diese Öfen niemals leisten können und was bei den andern Öfen wichtig ist, sie ventiliren nicht. Jeder gewöhnliche Zimmerofen oder jeder Kamin saugt immer aus dem Zimmer Luft ab und ist ein guter Ventilator. Dies fällt hier fort, kann aber durch eine kleine Abänderung der Anlage auch bewirkt werden. Wenn wir uns denken, dass in einem Zimmer ein Ofen steht, zusammengesetzt aus Röhren, in denen heißes Wasser fließt, so können wir diesen Ofen mit einem Mantel umgeben, wie wir dies auch bei andern Öfen kennen gelernt haben. Dieser Mantel wird zunächst den Vorteil gewähren, dass, wenn die Röhren sehr stark erhitzt werden, die Wärmestrahlung erheblich eingeschränkt wird. Die Luft, welche eingeschlossen ist in diesen Mantel, wird stark erwärmt und infolge dessen kommt es zu einer Zirkulation der Luft, welche macht, dass die warme Luft oben austritt und nachdem sie ihre Wärme verloren hat, wieder zurückkehrt. Man kann aber auch den Mantel so einrichten, dass er mit der Außenluft in Verbindung steht, also Luft von außen ansaugt und erwärmt an das Zimmer abgibt. Ist dann noch eine Einrichtung vorhanden, welche die Zimmerluft absaugt, dann ist die Ventilation vollständig.

Verbindung mit Ventilation.

198. Statt Wasser zur Erwärmung von Zimmern anzuwenden, können wir uns auch des Wasserdampfs bedienen. Wenn man in einem teilweise mit Wasser gefüllten Kessel das Wasser bis zum Sieden erhitzt, so wird Wasserdampf entweichen. Diesen kann man durch Röhren an verschiedene Stellen hinleiten und überall hin verteilen. Wir können ihn wiederum durch ein schlangenförmiges Rohr leiten und da der Dampf mindestens immer 100° hat, so werden wir in derselben Weise, wie bei heißem Wasser, die Röhren erwärmen und die Wärme wird an die Umgebung abgegeben. Wenn im Anfang der Dampf durch die Röhren geleitet wird, so wird er sich wegen der Kälte der Röhren kondensiren; er wird dann seine latente Wärme an die Röhrenwandungen abgeben. Rückt dann mehr Wärme nach, so werden sich die Röhren so weit erwärmen, dass der Dampf sich nicht kondensirt. Den abgeleiteten Dampf muss man kondensiren,

Dampfheizung.

um ihn als Wasser in den Dampfkessel zurückzubringen, wo er von neuem in Dampf verwandelt wird.

Oberflächen-Vergrösserung der Heizkörper.

199. Bei allen diesen Heizungen kommt es darauf an, dass die Oberfläche der Heizkörper, in denen das Wasser oder der Dampf zirkulirt, möglichst groß ist, damit sie die Wärme, die sie im Innern haben, schnell an die Zimmerluft abgeben. Diese Vergrößerung der Oberfläche kann entweder hergestellt werden dadurch, dass man die Röhren sehr lang macht und sie in Schlangenwindungen hin und herführt oder spiralig aufrollt; oder man verwendet Röhren, deren Oberfläche durch angegossene ringförmige Scheiben vergrößert ist. Statt der Röhren kann man auch Heizkörper von andrer Gestalt verwenden. Fig. 57 stellt einen solchen Ofen dar, der sowohl für Wasser- wie für Dampfheizung geeignet sein würde. Die angegossenen Rippen dienen zur Vergrößerung der Oberfläche.

Fig. 57.

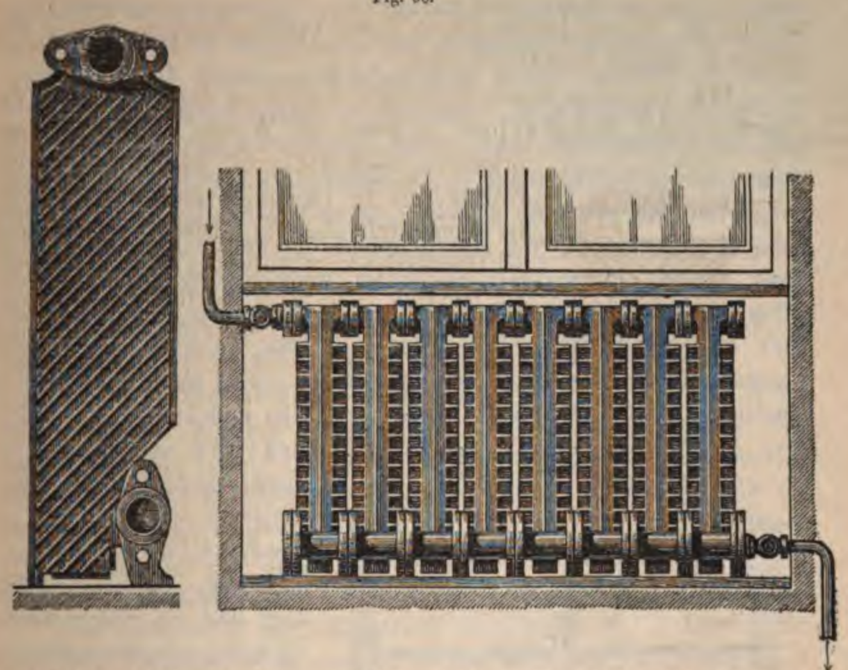


Um den Ofen dem jedesmaligen Heizbedürfnis, insbesondre der Größe des zu heizenden Raums anzupassen, thut man gut, ihn aus einzelnen nicht zu großen Teilen zusammenzusetzen. So besteht der Ofen Fig. 57 aus 4 über einander gestellten Stücken. Eine andre Form, von Gebr. Körting in Hannover, stellt Fig. 58 in Seitenansicht und daneben (in kleinerem Maßstab) in Zusammenstellung dar, in einer Fensternische untergebracht. Der Dampf tritt oben ein und zieht unten ab. Durch die schräge Stellung der dünnen, breiten und darum eine sehr große Oberfläche bildenden Flügel soll bewirkt werden, dass die Luft zwischen denselben vorbeiströmend schnell Wärme aufnimmt, dass aber kein Staub auf den Platten liegen bleibt. Je nach der Größe des zu heizenden Raums werden mehr oder weniger dieser „Elemente“ zu einem „Batterieofen“ zusammengestellt. Man kann den Ofen auch mit einem Mantel umgeben, der oben und unten offen ist oder unten bis an den Fußboden reicht, aber durch einen Kanal mit der Außenluft in Verbindung steht. In letzterem Falle wird die Außenluft angesogen und tritt erwärmt in das Zimmer.

Luftheizung.

200. Bei der Wasser- und Dampfheizung haben wir immer noch Öfen in den Zimmern, freilich solche, in denen kein Feuer brennt, sondern denen die Wärme von einer andern Stelle her zugeleitet wird. Wir können aber auch diese Öfen ganz fortlassen, wenn wir warme *Luft, die ja das Bestreben* hat, nach aufwärts zu steigen, durch

Fig. 58.



Kanäle direkt in die Zimmer leiten. Man nennt das Luftheizung. Denkt man sich ein Zimmer, in welchem kein Platz ist für einen Ofen, so kann man es auf einfache Weise erwärmen, indem man den Nebenraum heizt. Dort stellt man einen Ofen auf, der die Luft erwärmt, und wenn man zwei genügend große Öffnungen anbringt, eine tief- und eine hochgelegene, so ist es klar, dass, da die Luft in diesem Zimmer wärmer wird als im andern, die warme Luft oben aus dem warmen Zimmer hinausströmen, während kalte unten einströmen wird. Auf diese Weise wird zuletzt auch das Nebenzimmer eine genügende Erwärmung erfahren können.

Wird dieses System weiter ausgebildet, so kommt man auf folgende Einrichtung: Ein großes Gebäude mit verschiedenen Etagen, die wiederum in verschiedene Zimmer zerfallen, soll mit Luft geheizt werden. Im Kellerraum kann man den Ofen anbringen, welcher die Luft erhitzt und in die Wohnräume leitet. Zu diesem Zwecke umgibt man den genügend großen Ofen, hier meist Kalorifer genannt, mit einem festen Gewölbe, so dass eine Kammer entsteht, die Heiz- oder Luftkammer, in welcher die Luft durch den Ofen stark erhitzt wird. Da der Ofen in kurzer Zeit viel Luft zu erwärmen im stande sein soll, ist es notwendig, dass man ihn aus gut leitendem

... der heizenden Ober-
... erwärmte Luft steigt
... der Heizkammer
...stem, welches inner-
... ganzen Hauses. Zu
...schiedenen Stellen.
... In jedem Zimmer
... Luft ausströmen
... durch passende
...elangt die erkaltete
Heizkammer. Da die
...ird sie in die Zimmer
...und angesogen werden
... wird von neuem als
...rmte Luft in die Höhe
...igen u. s. f. Wie leicht zu
...rstehen, wird diese fort-
...ahrende Zirkulation der
Luft und die gleichmäßige
Verteilung der Wärme in den
Zimmern am besten vor sich
gehen, wenn die Eintritts-
stellen für die warme Luft
in den Zimmern hoch, die Ab-
zugsöffnungen für die kalte
Luft tief angebracht sind,
wie es auch unsre Figur zeigt.
...gifer brennt, muss zu seiner
...iese aus der Heizkammer und
...nommen, so entweicht dieser
...rnstein. Es kehrt also weniger
... ihnen abgesaugt wird, und die
... in den Zimmern macht, dass
...ande Luft eindringt. Die Zimmer
... „natürlich" ventilirt, als wenn in
...tande (vgl. § 159). Abgesehen von
...rlichen Ventilation immer anhaftet,
...stand hinzu kommen, dass der warme
...r Kohlenstaub und andern nicht zu
...en und in die Zimmer bringen würde.

Man wird daher gut thun, den Kalorifer nicht von der Heizkammer, sondern von einem Nebenraume aus zu heizen, so dass alle Verunreinigungen von der ersteren fernbleiben.

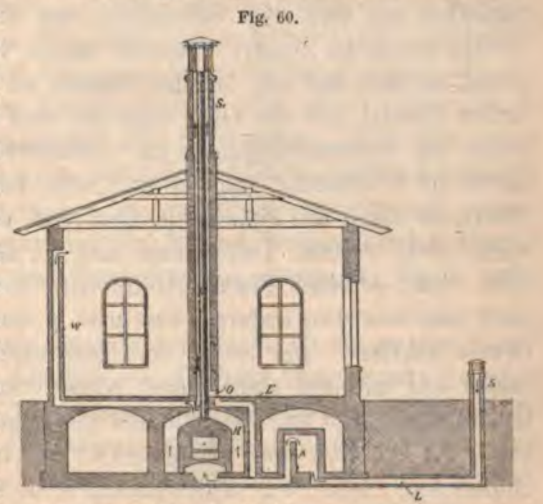
Luftheizung mit Ventilation.

201. Deswegen braucht man aber nicht auf Ventilation der Räume zu verzichten. Im Gegenteil, gerade die Luftheizung eignet sich sehr gut zu einer Verbindung mit der Ventilation, und wenn die Einrichtungen gut und richtig angelegt sind, so gehören sie zu den besten und hygienisch wirksamsten. Die vielfachen Klagen, welche man früher oft über Luftheizungen hören konnte, waren durch fehlerhafte Anlagen veranlasst. Mit der Erkenntnis dieser Fehler hat man auch die Mittel gefunden, sie zu vermeiden.

Wie bei jeder guten Ventilationsanlage hat man für zwei Dinge zu sorgen: für Zuführung guter, frischer Luft und für Absaugung der verdorbnen Zimmerluft. Selbstverständlich müssen die Zu- und Ableitungsöffnungen richtig verteilt sein. Da die zugeführte Luft, ehe sie in die Zimmer gelangt, vorgewärmt wird, so müssen aus früher (§ 177 ff.) erörterten Gründen die Zutrittsöffnungen hoch, die Abzugsöffnungen tief angebracht werden.

Zur Absaugung der Zimmerluft kann man die Feuerung des Kalorifers benutzen, indem man ihn als Lockkamin (§ 172) konstruirt. Die Verbrennungsgase entweichen aus dem Ofen durch das eiserne Rauchrohr R (Fig. 60), welches von einem gemauerten Schornstein S_1 mantelförmig umgeben ist. Der ringförmige Raum zwischen Rauchrohr und Mantel, in welchem die Luft durch ersteres stark erwärmt wird, saugt die Luft durch die Öffnungen o aus den zu ventilirenden Räumen an. Die Wirkung wird noch unterstützt durch den auf dem Schornstein angebrachten Windsauger. Die Zuführung der frischen Luft zur Heizkammer erfolgt durch den Luftkanal L, welcher Luft aus dem Freien durch den Luftschacht S ansaugt. Diese wird in der Heizkammer H erwärmt, steigt als warme Luft in die Zimmer, während die daraus abgesogene

Fig. 60.



Luft durch den Kanal, der den Rauchfang umgibt, ins Freie gelangt. Natürlich muss dafür gesorgt werden, dass die zugeführte Luft rein und gut sei, oder dass sie, wenn nötig, ehe sie in die Heizkammer und von da in die Zimmer gelangt, gereinigt werde. Wenn die zugeführte Luft aus einem schmutzigen, engen Hof entnommen wird, wo sie mit Unreinlichkeiten geschwängert ist, so kann man sich nicht wundern, wenn eine solche verkehrte Einrichtung unangenehm und nachteilig wirkt. Die Reinheit der Luft wird am besten gewährleistet, wenn man sie aus einem Garten oder sonst freien Raum nimmt und wenn man sie ferner nicht direkt vom Boden nimmt, sondern wenn man den Kanal zum Auffangen der Luft in einen aufrechten Schacht übergehen lässt, der oben mit Gitterfenstern versehen ist, um das Hineingelangen von Vögeln, Ungeziefer u. d. g. zu verhindern. Da der Luftstrom trotzdem Staub mitreißt, so muss man die Luft von diesem befreien. Dies geschieht am besten dadurch, dass man zwischen dem zuführenden Schacht und der Heizkammer einen erweiterten Raum anbringt, durch welchen die Luft erst durchpassiren muss. Wird sie mit einer gewissen Geschwindigkeit angesogen von z. B. 10 m in der Sekunde, und der Querschnitt der Kammer ist 10 mal so groß als der des Kanals, so wird die Geschwindigkeit in ihr nur 1 m sein. Bei dieser geringen Geschwindigkeit setzt sich der Staub am Boden ab und kann dort beseitigt werden.

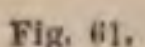
Wenn der Ofen aus Eisen besteht und heiß wird, so wird jedes Stäubchen auf dem Ofen verbrennen und die Verbrennungsprodukte werden mit in das Zimmer kommen; ist die Luft vorher staubfrei gemacht, so fällt das fort. Ebenso müssen die Wände der Heizkammer sauber geputzt und der Ofen muss gut und dicht sein, um das Mitgehen von Verbrennungsgasen zu verhindern. Die Luft wird ferner durch die Erwärmung sehr trocken sein, und da ein fortwährender Luftstrom durch das Zimmer gesogen wird, so wird diese Trockenheit leicht lästig werden. Daher muss man sie anfeuchten, wenigstens so weit, dass sie einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 50 % hat. Dies kann man bewirken dadurch, dass man in der Staubhammer eine feine Brause anbringt. Der Regen derselben wird den Staub mit niederreißen und mit dem abfließenden Wasser fortschwemmen. Die Luft kommt dann auch angefeuchtet und gereinigt in die Zimmer. Ferner kann man die Luft über angefeuchtete Segeltücher streichen lassen, endlich kann man auch in den Zimmern, da wo die Luft eintritt, sie über ein Wassergefäß streichen lassen. So bringen einige vor der Einströmungsöffnung ein kleines Gefäß an und darüber ein kleines

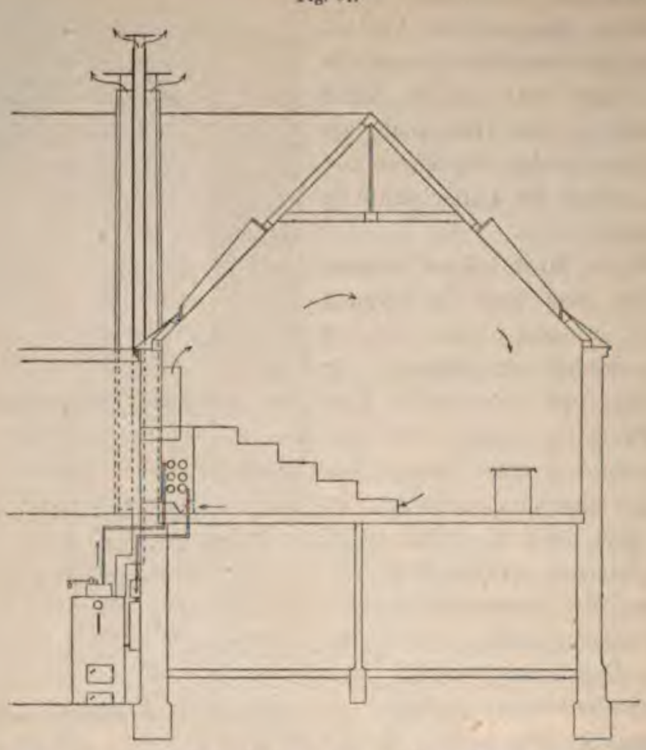
mit Windflügeln versehenes Rädchen. Dieses wird in Bewegung gesetzt, die Flügel tauchen ins Wasser ein und zerstäuben es. Die entstehenden Wassernebel lösen sich in der Luft und geben ihre Feuchtigkeit an sie ab. In diesem Fall hat man es mit einer ganz idealen Einrichtung zu thun, die allen hygienischen Anforderungen entspricht. Die Luft wird immer erneuert, hat die passende Wärme, Feuchtigkeit etc. Aber es würde eine Verschwendung sein, wollte man diese Heizung anwenden, wenn niemand im Zimmer ist, z. B. in Schulzimmern vor Beginn des Unterrichts. Daher bringt man gewöhnlich eine solche Einrichtung an, dass man beide Arten der Luftbewegung, diejenige, wo die Luft nur aus dem Zimmer abgesogen wird und erwärmt wieder zurückkommt, und die letzbeschriebene mit fortwährender Zuführung frischer Luft nach Belieben verwenden kann.

202. Als Beispiel einer Heizungs- und Ventilationsanlage wollen wir zum Schluss dieser langen Auseinandersetzungen die Einrichtung in unserm Hörsaal betrachten. Im unteren Stockwerk ist ein Dampfkessel aufgestellt; der dort erzeugte Dampf (welcher auch noch zu andern Zwecken dient) wird durch 6 horizontal liegende, zur Vergrößerung der wärmeabgebenden Oberfläche mit vertikal stehenden Ringen versehene Röhren geleitet. Die Röhren liegen, wie Fig. 61 (S. 210) zeigt, unterhalb des amphitheatralisch aufsteigenden Podiums innerhalb eines hölzernen Kanals, der sich an der Nordwand des Hörsaals hinzieht. Durch diese Wand sind an zwei Stellen Löcher geschlagen, von denen horizontale, an ihren Enden schräg abgeschnittene Luftzuführungsgänge bis zur Mitte jenes Kanals sich erstrecken. Ihnen gegenüber befinden sich ganz gleiche Gänge, welche bis zur vordern Bretterwand des Kanals reichen und durch Öffnungen in dieser Wand mit der Zimmerluft zusammenhängen. Von der obern Fläche des Kanals steigen an seinen beiden Enden vertikale hölzerne Schachte so hoch hinauf, dass die aus ihnen ausströmende warme Luft über den Köpfen der auf der letzten Bank sitzenden Herren austritt. Oben angebrachte Drosselklappen gestatten, diesen Luftaustritt zu reguliren.

Heizung und Lüftung des hygienischen Hörsaals.

Oberhalb der obersten Dampfröhren ist noch ein zweiter Kanal innerhalb des größeren abgeschlagen. Derselbe hängt durch eine dritte in der Mauer befindliche Öffnung mit der Außenluft zusammen. Letztere kann durch eine Klappe geschlossen werden. Öffnet man dieselbe, so dringt kalte Luft von außen ein; da diese auf ihrem Wege nach den erwähnten Luftschachten nicht mit den Dampfröhren in Berührung kommt, so wird sie nur wenig erwärmt und dient, indem





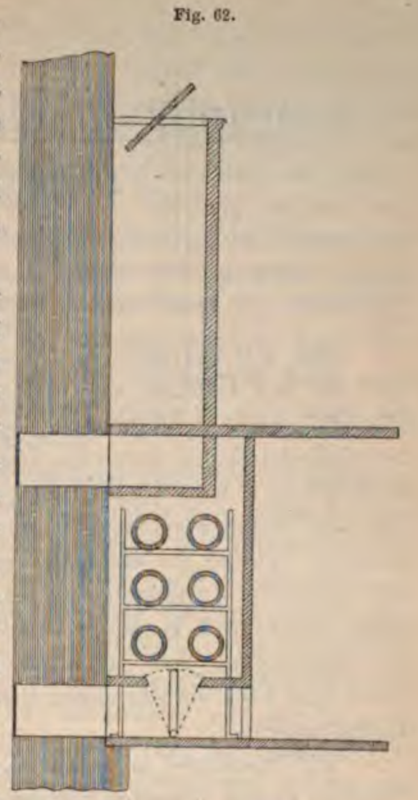
sie sich mit der wärmern Luft mischt, zur Mäßigung der Temperatur, falls bei milder Witterung die Heizung zu stark wirken sollte.

Die oben erwähnten, schräg abgeschnittenen Luftzuführungsgänge sind mit einer Klappenvorrichtung versehen, welche in Fig. 62 in größerm Maßstabe dargestellt ist. Die Klappen sind um eine an ihrem untern Rande liegende, horizontale Axe drehbar. Legen wir sie nach links, dann ist die Verbindung mit der Außenluft abgeschlossen; dagegen kommunizirt die in dem Kanal befindliche Luft, welche die Dampfröhren umspült, mit dem Zimmer. Die an den Dampfröhren stark erhitzte Luft steigt dann durch die Luftschächte in die Höhe, von unten rückt kalte Zimmerluft nach und wird wiederum erwärmt. So gerät die ganze Zimmerluft in eine rotirende Bewegung, wie es die Pfeile in Fig. 61 anzeigen, und nimmt nach und nach die von uns gewünschte Temperatur an.

Wir heizen so mit Zirkulation der Luft, so lange keine Vorlesungen stattfinden. Kurz vor Beginn derselben aber legen wir die Klappen nach rechts herum, wodurch die untere Verbindung des

Heizraums mit dem Hörsaal abgeschnitten, dagegen die Verbindung mit der Außenluft hergestellt wird. Jetzt tritt frische, kalte Außenluft in den Heizkanal, erwärmt sich an den Heizröhren und gelangt durch die Luftschächte in den Hörsaal.

Fig. 62.



Wegen ihrer höhern Temperatur hat diese Luft die Neigung aufwärts zu steigen und sich an der Zimmerdecke zu sammeln. Sie sehen aber hier unten, dicht über dem Fußboden neben der vordersten Bank in der Ostwand des Hörsaals eine quadratrische Öffnung. Von ihr geht ein Kanal ab, welcher in einen Lockkamin einmündet. Die Feuergase der Dampfkesselfeuerung ziehen durch ein eisernes Rauchrohr aufwärts, welches innerhalb eines weitern, gemauerten Schlotes steht. Indem die zwischen beiden enthaltene Luftsäule aspirirend auf die Zimmerluft wirkt und diese am Boden absaugt, wird die warme Luft von oben heruntergeleitet und ersetzt fortwährend die durch unsre Ausdünstungen und sonstige im Hörsaal vorkommende Prozesse veränderte Luft. Wir heizen also in diesem Falle mit Ventilation.

Um endlich auch im Sommer ohne Heizung ventiliren zu können, ist neben der Dampfkesselfeuerung noch ein Schachtofen vorgesehen, dessen Feuergase durch dasselbe eiserne Rauchrohr abziehen. Der Lockkamin wirkt dann in derselben Weise wie im Winter, nur dass die eintretende Luft nicht vorgeheizt wird.

Von der früher (§ 172) beschriebenen eigenen Ventilation des Kathedertisches ist die jetzt beschriebene ganz unabhängig. Beide können neben einander oder auch jede für sich einzeln in Gang gesetzt werden.

Vierundzwanzigste Vorlesung.

Die Kleidung.

Wärmeabgabe des Körpers. — Abgabe durch Leitung. — Abgabe durch Strahlung. — Schlechte Wärmeleiter. — Kleidungsstoffe. — Wärmeverlust durch Verdunstung. — Durchlässigkeit der Kleidungsstoffe. — Vorzüge der Wolle.

Wärmeabgabe des Körpers.

203. Wie das Haus dient auch die Kleidung vorzugsweise dazu, uns vor den Unbilden der Witterung zu schützen. Während wir aber die großen Schwankungen der Temperatur in unsern Klimaten innerhalb der Häuser durch die Heizung einigermaßen ausgleichen, muss die Kleidung je nach der Witterung und der Wärmeproduktion wechseln, um dem unvollkommenen Wärmeregulirungsvermögen zu Hilfe zu kommen. Leistet sie das nicht, so können daraus hygienische Schäden entstehen. Außerdem aber kann die Kleidung andre Nachteile haben, sie kann z. B. durch Druck schädlich wirken, oder sie kann die Übertragung von Infektionskeimen vermitteln. Die Kleidung bietet also nach verschiedenen Richtungen hin Anlass zu hygienischen Erörterungen.

Die Oberfläche unsres Körpers ist mit Ausnahme sehr seltener Fälle in unsern Klimaten wärmer als die Umgebung, sie wird daher durch Strahlung und Leitung Wärme an die Umgebung abgeben. In den seltenen Fällen, wo die Umgebung wärmer ist, als die Körperoberfläche, wird trotzdem ein Wärmeverlust des Körpers stattfinden können auf dem Wege der Wärmebindung durch Verdunstung. Ist auch dieses nicht möglich, indem die uns umgebende Luft nicht nur sehr warm, sondern auch für diese hohe Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist, dann steigt die Körperwärme über das normale Maß. Leitung, Strahlung und Wasserverdunstung wirken also in der Regel zusammen, um unserm Körper Wärme zu entziehen. Und diese drei Faktoren müssen der Wärmeproduktion des Organismus gleich sein, wenn die Körperwärme nicht steigen oder fallen soll.

Abgabe durch Leitung.

204. Da es also in der Mehrzahl der Fälle darauf ankommt, die Wärmeverluste zu verringern, an der produzirten Wärme möglichst zu sparen, so muss es Aufgabe der Kleidung sein, die Abkühlung des Körpers durch Strahlung und Leitung möglichst zu verringern. Das wird sie um so besser thun, je dicker und weniger wärmedurchlässig

sie ist, hauptsächlich aber durch den Umstand, dass zwischen der schützenden Hülle der Kleidung und dem Körper eine lufterfüllte, ziemlich abgeschlossene Schicht sich befindet, welche sehr schnell eine Temperatur annimmt, die jener der Körperoberfläche ziemlich nahe kommt. Der größte Teil unsrer Körperoberfläche steckt also gleichsam in einer Luftschicht, welche durch die Kleidung von der Vermischung mit der übrigen kältern Luft behindert ist, und welche uns nur wenig Wärme entziehen kann. Deshalb wird auch der Schutz gegen Wärmeverluste durch die Kleidung noch wesentlich verbessert, wenn wir mehrere Kleidungsstücke übereinander anziehen, denn dann umgeben uns mehrere solcher Luftschichten, welche von innen nach außen allmählich niedrigere Temperatur haben, so dass auch die Wärmeleitung zwischen ihnen geringer ist.

Die Temperatur unsrer Körperoberfläche mag etwa 30° betragen. Nehmen wir an, die Temperatur der Luft unter dem Hemd betrage 28°; dann komme ein Kleidungsstück, welches eine Luftschicht von 24° abgrenze. Man sieht leicht, wie dadurch die Wärmeleitung nach außen sehr verringert werden muss, da diese aneinandergrenzenden Luftschichten in ihren Temperaturen von einander so wenig verschieden sind. Denken wir uns diese Hüllen plötzlich weggenommen, und die Luft, welche vielleicht 15° warm ist, unmittelbar mit der Haut in Berührung, so wird offenbar der Wärmeverlust der letztern vermehrt sein. Wie wirksam allein diese Luftschichten sind, welche von der Kleidung eingeschlossen werden, davon kann man sich überzeugen, wenn man aus einem Bad kommend fröstelt und das Hemd überwirft; man fühlt dann sofort die bedeutende Erwärmung der Haut.

205. Ähnlich wie mit der Leitung verhält es sich auch mit dem Wärmeverlust durch Strahlung. Da diese stets proportional ist der Temperaturdifferenz zwischen der ausstrahlenden Oberfläche und den Oberflächen der Umgebung, so leuchtet es ein, wie sehr sie durch die Kleider verringert wird, da die Oberfläche der letzteren eine niedrigere Temperatur hat als die Haut, und dass auch hierbei eine mehrfache Bedeckung des Körpers mit einzelnen Lagen, zwischen denen sich Luft befindet, günstig für die Wärmeersparung wirken muss, weil dann die äußerste Lage, deren Strahlung allein in Betracht kommt, eine viel niedrigere Temperatur haben muss. Außer der Temperaturdifferenz kommt bei der Strahlung noch die Beschaffenheit der strahlenden Oberfläche in Betracht. Rauhe Flächen strahlen stärker aus als glatte, dunkle stärker als helle. Die verschiedenen Materialien, aus denen die Kleidung bestehen kann, werden also sich

Abgabe durch Strahlung.

sehr verschieden verhalten. Ein bestimmtes Oberkleid, dessen Strahlungsvermögen konstant ist, solange seine Oberfläche sich nicht ändert, wird eben ein für allemal nur von der Differenz zwischen seiner Temperatur und der der Umgebung in seiner Wirkung abhängen. Die Ausstrahlung der unbekleideten Haut hingegen ändert sich nicht bloß mit ihrer eignen Temperatur, welche sehr wechselt, sondern auch ihr Strahlungsvermögen schwankt, je nachdem sie trocken oder feucht ist, und mit andren physiologischen oder pathologischen Veränderungen.

Zur Erklärung dieser wärmeerhaltenden Wirkung der Kleider erinnere ich an ganz ähnliche Fälle der Praxis z. B. an die Wirkung der Doppelfenster im Winter. Das Fenster, eine dünne Schicht von Glas, setzt der Abkühlung weniger Widerstand entgegen als die viel dickere Mauer; wir können aber diese Abkühlung vermindern, wenn wir einen doppelten Glasabschluss mit einer dazwischen liegenden Luftschicht anbringen. Wenn die Luft innen + 15° hätte und außen — 5°, so würde innerhalb der Doppelfenster die Luft eine mittlere Temperatur von etwa + 10° annehmen. Demzufolge wird sowohl durch Strahlung wie durch Leitung der Wärmeverlust ungefähr auf die Hälfte seines Betrages herabgesetzt sein.

In einer solchen abgesperrten Luftschicht kann nun freilich durch die Beweglichkeit der Luft eine Zirkulation stattfinden. Da die Luftschichten an der innern Fläche wärmer sind als an der äußern, so wird die Luft an der innern Fläche aufwärts sich bewegen, dann an der äußern Fläche herabsinken, hier einen Teil ihrer Wärme verlieren, wieder an der innern Fläche emporsteigend Wärme aufnehmen u. s. f. Die Luft wird also fortwährend einen Teil der Zimmerwärme von der innern Fläche auf die äußere übertragen, und das wird die Abkühlung vermehren. Die Wärme geht hierbei nicht nur durch Leitung und Strahlung verloren, sondern auch außerdem durch Übertragung.

Schlechte Wärmeleiter.

206. Das kann man hier nicht verhindern, wohl aber in andern, sonst ähnlichen Fällen, wenn man der Luft ihre Beweglichkeit nimmt, indem man sie in einen lockern porösen Körper einschließt, in welchem die Strömung behindert ist. Wenn wir daher einen Gegenstand vor Abkühlung oder Erwärmung schützen wollen, so umgeben wir ihn mit doppelten Wänden und füllen den Zwischenraum mit einem lockern porösen Haufwerk, wie Heu, Stroh, Asche etc. Die in den Poren eingeschlossene Luft ist ein ziemlich schlechter Wärmeleiter, und da sie nicht frei zirkuliren kann, so fällt auch die Fort-

führung der Wärme fort, und das geringe Leitungsvermögen kommt ungestört zur Geltung. Wir richten in dieser Weise Eisschränke ein, in denen das Eis sich lange halten soll, oder feuersichere Kassenschränke aus doppelten Stahlplatten, deren Zwischenraum mit Asche gefüllt ist, um die aufbewahrten Sachen vor dem Verbrennen zu schützen. Ein sehr lehrreiches Beispiel ist die sogenannte „norwegische Küche". Um die Speisen zu kochen, werden sie auf 100° erhitzt. Aber es muss nicht gerade der Siedepunkt erreicht sein, sondern es genügt auch oft eine etwas niedrigere Temperatur, wie ja schon daraus hervorgeht, dass an hochgelegenen Orten man bei niederer Temperatur kocht. Es ist aber schwer die niedrigeren Temperaturen konstant zu erhalten. Man kann sich bei den Küchenheerden damit helfen, daß man, wenn das Essen angekocht ist, den Topf bei Seite schiebt, an eine Stelle, wo es nicht so heiß ist, wo dann der Inhalt in geringerm Maße weiter erwärmt wird und den nötigen Grad von Weichheit erlangt. Die erwähnte norwegische Küche stellt eine hölzerne Kiste dar, die durch einen Deckel verschlossen werden kann. Kiste und Deckel sind innen dick mit schlechten Wärmeleitern ausgefüttert, so dass nur ein kleiner Raum in der Mitte frei bleibt, groß genug, um einen Topf aufzunehmen. Wenn der Topf mit seinem Inhalt am Feuer die Temperatur von 100° erreicht hat, nimmt man ihn schnell weg, setzt ihn in die Kiste und schließt diese. Der Topf kühlt so langsam ab, dass er noch nach Stunden eine Temperatur von etwa 80° hat, und diese Wärme zwischen 80 und 100° genügt zum Garkochen der Speisen. Eine solche Einrichtung ist auch sehr geeignet, fertig gekochte Speisen lange warm zu erhalten.

207. Die schlechte Wärmeleitung beruht also darauf, dass in den Poren eines lockern Haufwerks die an und für sich schlecht leitende Luft sich befindet, und dass diese an ihrer Beweglichkeit gehindert wird. Bei den Kleidungsstücken, welche wir hauptsächlich zum Abhalten der Kälte benutzen, wird dies Haufwerk durch die Fasern gebildet, welche zwischen sich kleine Luftmengen enthalten. Je lockerer und dicker ein solcher Stoff ist, je mehr Luft er zwischen sich fasst, desto schlechter leitet er, z. B. Federbetten, Filz, Watte, Pelzwerk und dann die locker gewebten Stoffe aus Wolle z. B. Fries, Flanell etc. **Kleidungsstoffe.**

Solche Stoffe werden wir also in unsrem Klima während der kalten Jahreszeit bevorzugen, weniger dicke und leichtere Bekleidung hingegen im Sommer. Durch passende Wahl der Kleidung kommen

wir dem an sich unvollkommenen Wärmeregulirungsvermögen des Organismus zu Hilfe und erreichen so dasselbe, was bei Säugetieren und Vögeln durch die dichtere oder dünnere Pelz- oder Federbedeckung des Winter- und Sommerkleides bewirkt wird.

Natürlich ist der Abschluss der Luftschichten durch die Kleider kein absoluter, da sowohl an den Rändern derselben als auch durch die Poren der Stoffe ein Luftaustausch möglich ist. Ohne diesen würde sogar in vielen Fällen die Wärmeabgabe zu gering ausfallen. In warmer Luft wird es daher sogar notwendig sein, die Bekleidungsstoffe leicht und luftig genug zu wählen, um diesen Austausch zu befördern, damit nicht durch Wärmeretention die Körpertemperatur über die Norm steige. Unter Umständen, wo auch die Wärmeaufnahme von außen in Frage kommt, z. B. bei direkter Sonnenbestrahlung, spielt auch noch die Farbe eine Rolle. Wir bevorzugen dann hellere Stoffe, welche weniger Wärme absorbiren als dunkle.

Wärmeverlust durch Verdunstung.

208. Neben der Wärmestrahlung und Wärmeleitung kommt aber noch eine weitere Eigenschaft der Kleidung in Betracht. Eine jede Bedeckung unsrer Haut hat auch noch Einfluss auf die Transpiration, auf die Abgabe von Flüssigkeit vom Körper und ihre Verdunstung. An freier Oberfläche wird die Verdunstung nur abhängen von der Wärme, dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft und ihre Bewegung. Je wärmer, trockner und bewegter die Luft, desto größer die Verdunstung. Bedecken wir aber den Körper, so wird die Verdunstung immer verringert; sie würde ganz aufhören müssen, wenn der Stoff nicht Wasser durchließe. Wir merken diesen Einfluss, wenn wir die Hand in einen Kautschukhandschuh stecken, wie er in den Laboratorien gebraucht wird, wenn man mit ätzenden Stoffen zu thun hat; schon nach kurzer Zeit fühlen wir, dass die Hand sehr warm und feucht wird. Obgleich der Kautschuk kein sehr schlechter Wärmeleiter ist, steigt die Hautwärme sehr bedeutend, weil die Abkühlung durch Verdunstung ganz wegfällt. In einem vollständigen Kautschukanzug, wie ihn die Taucher tragen, ist die Erwärmung des ganzen Körpers natürlich noch bedeutender und in warmer Luft wird ein solcher Anzug bald unerträglich. Selbst die lockere Umhüllung mit einem wasserdichten Regenmantel wirkt schon in der gleichen Richtung sehr stark. Die Kleidungsstücke, welche wir für gewöhnlich benutzen, sind nicht wasserdicht, sondern sie lassen die Flüssigkeit der Körperoberfläche durch ihre Poren hindurch verdunsten. Die verschiednen Stoffe verhalten sich in dieser Beziehung aber sehr verschieden.

209. In der Regel sind unsre Kleider aus gewebten Stoffen gefertigt. Ein solches Gewebe besteht aus einer Art von Kreuzlagen von Fäden, indem zuerst die sogenannte Kette aus parallelen Fäden hergestellt und dann der Einschlag abwechselnd zwischen jenen hindurchgeschlungen wird. So entstehen Maschen, welche bei den einfachern Geweben von je zwei Ketten- und zwei Einschlagfäden begrenzt sind, deren Größe von der Dichtigkeit des Gewebes abhängt. Denken wir uns das Gewebe großmaschig, wie bei den sogenannten Filetgeweben, dann wird durch die Maschen die Verdunstung ungehindert vor sich gehen; ist dagegen das Gewebe sehr fein, dann werden die Poren außerordentlich kein. Es kann dann die Verdunstung nur stattfinden, nachdem die Flüssigkeit von dem Gewebe aufgesogen worden ist. Es hängt aber dann vorzugsweise von der physikalischen Beschaffenheit des Fadens ab, ob er sich leicht oder weniger leicht benetzt, wie diese Aufsaugung geschieht. Von den Stoffen, welche hauptsächlich zur Kleidung benutzt werden, Wolle, Baumwolle, Seide, Leinen, ist die Benetzbarkeit in der Reihe, wie sie genannt sind, eine allmählich abnehmende. Wenn wir aus diesen Stoffen Lampendochte weben ließen von gleich dicken Fäden und gleicher Dichtigkeit des Gewebes, tauchten dieselben mit ihrem einen Ende in Wasser und sähen dann, wie weit dieselben sich benetzt haben, dann würde bei der Wolle das Wasser am weitesten in die Höhe gesogen werden und bei Leinen am geringsten. Denken wir uns einen von den Fäden umschlossenen Kapillarraum, so wird die Ansaugung von den Lumen des Kapillarraums und von der Benetzungsfähigkeit der Fäden abhängen: Wolle wird bei sonst gleichen Umständen sehr schnell die Feuchtigkeit ansaugen, Leinen am wenigsten. Wir können uns davon durch einen einfachen Versuch überzeugen. Gießen wir ein wenig Wasser auf einen polirten Tisch, so wird uns das Abwischen mit einem Leinenlappen schwer gelingen, mit einem Baumwolllappen leicht und noch leichter mit einem Wolllappen.

Durchlässigkeit der Kleidungsstoffe.

210. Diese Aufsaugungsfähigkeit des abgesonderten Schweißes kommt neben den früher betrachteten Eigenschaften für die hygienische Beurteilung der Kleider sehr in Betracht. Wir können alle Gewebe, mit denen wir unsre Haut bedecken, ansehen als feine Siebe, durch deren Löcher die Flüssigkeit hindurchtritt, um dann an ihrer Außenfläche zu verdunsten. Die Größe dieser Löcher hängt von der Dichte des Webens ab. Zuweilen wird sie durch nachträgliche Bearbeitung des Gewebes noch verändert, z. B. durch das Walken. Es wird daher ganz auf die Beschaffenheit des die Haut bedeckenden

Vorzüge der Wolle.

Gewebes ankommen, wie sich die Schweißansammlung und Verdunstung gestaltet. Ein feiner, locker gewebter Wollenstoff saugt allen auf die Haut ergossenen Schweiß leicht in sich ein; Leinwand viel schwieriger. Unter wollener Bekleidung bleibt deshalb die Haut auch bei reichlicher Schweißabsonderung trocken, unter leinener dagegen sammelt sich der Schweiß an, bis endlich die Leinwand nass wird, wenn viel Schweiß abgesondert worden ist.

In der Regel wird Wolle als Winter-, Leinen als Sommerbekleidung bevorzugt. Für den Winter, also bei niedrer Umgebungstemperatur, hat ja auch Wolle den unleugbaren Vorzug, dass sie bei gleicher Dicke ein schlechterer Wärmeleiter ist. Doch kommt dies weniger in Betracht, weil über leinenen Unterkleidern ja im Winter noch andre schlechte Wärmeleiter als eigentlicher Schutz gegen die zu großen Wärmeverluste getragen werden. Im Sommer aber, besonders wenn bei hoher Außentemperatur noch durch körperliche Anstrengungen die Wärmeproduktion sehr gesteigert wird, können wir leinene Hemden nicht als zweckmäßig ansehen. Wegen der angeführten Eigenschaften der Leinenfaser wird nämlich die Wasserverdunstung anfangs sehr behindert. Dann aber, wenn das Hemd durchnässt ist, tritt von seiner Oberfläche die Verdunstung ein und wirkt nun stark abkühlend. Man empfindet dann die plötzliche Abkühlung recht unangenehm, während einem „das Hemd am Leibe klebt“, und es stellt sich leicht, mitten in der Hitze, ein unangenehmer Kälteschauer ein.

Unter den gleichen Umständen wirkt Wolle, welche den Schweiß in dem Maße, wie er entsteht, aufsaugt und an seiner Oberfläche langsam verdunsten lässt, gleichmäßig abkühlend, so dass die Körperwärme weniger steigt als unter dem Leinenhemd und die Gefahr der nachträglichen Erkältung nicht zu befürchten ist. Wir sehen deshalb auch, dass Jäger, Seeleute, Bergsteiger, kurz alle diejenigen, welche anstrengende Körperarbeit im Freien in Hitze und Kälte zu verrichten haben, Wolle bevorzugen und sich dabei wohlbefinden. Eine leichtere oder dickere (je nach der Jahreszeit) Bluse von Flanell oder sogenanntem Lodenstoff ist für solche Fälle die gesundheitsgemäßeste Bekleidung. Reicht sie nicht aus, so ist sie durch einen wollenen Mantel zu ergänzen, insbesondre während der Ruhepausen, in der Nacht, beim Fahren u. s. w.

Aber auch bei gewöhnlicher Lebensweise, welche weniger mit starker Muskelarbeit verbunden ist, sind wollene Unterkleider als die besten Regulatoren der Wärmeökonomie allen denen, die zu Er-

kältungen geneigt sind, wohl zu empfehlen. Der Wolle am nächsten für die unmittelbar die Haut berührenden Unterkleider kommen gute Baumwollgewebe.

Wenn ich so der Wolle das Wort rede, so brauche ich mich wohl kaum von dem Verdacht zu reinigen, als wollte ich ihr außer den hervorgehobenen Eigenschaften noch irgendwelche andre, gänzlich unbewiesene, auf thörichten Hypothesen aufgebaute Vorzüge zuschreiben. Auch bin ich keineswegs der Meinung, dass unsre Kleider nur und ausschließlich aus Wolle gefertigt sein müssten. Insbesondre möchte ich mich gegen die Verbannung der weißen Wäsche aus unsrer Tracht ganz entschieden aussprechen; denn diese hat einen unbedingten, hygienisch nicht gering anzuschlagenden Nutzen. Sie zwingt zu öfterem Wechsel, was aus Gründen der Reinlichkeit nur erwünscht sein kann. Ich glaube jedoch, dass für diesen Teil unsrer Kleidung Baumwolle geeigneter ist als Leinen, weil erstere in ihren physikalischen Eigenschaften der Wolle näher kommt. Die sogenannten Oberhemden werden daher zweckmäßiger Weise aus Baumwollgeweben mit leinenen „Einsätzen" angefertigt.

Fünfundzwanzigste Vorlesung.

Schädliche Wirkungen der Kleidung.

Druckwirkungen. — Zu große Belastung. — Fußbekleidung. — Richtige Form der Schuhe. — Kleider als Träger von Infektionsstoffen. — Zu langes Tragen. — Wichtigkeit der Hautpflege.

Druckwirkungen.

211. Durch die Kleidung können unter Umständen mechanische Schäden bewirkt werden, durch zu große Schwere oder unzweckmäßige Machart. Die Kleider können Druck ausüben, sei es, weil sie zu eng sind, oder unzweckmäßig gearbeitet. Hier sind besonders hervorzuheben die Korsets bei Damen, welche selbst Deformationen der Leber hervorrufen können, die sogenannte S c h n ü r l e b e r. In Folge des Drucks wächst die Leber in der Richtung von unten nach oben, nimmt dagegen an Umfang ab und bekommt eine Einschnürung, so dass sie die Form einer Sanduhr erhält. Diese Schädlichkeiten kommen aber nur vor, wenn übertriebene Eitelkeit das Schnüren übertreibt, was ja genügend satyrisch gegeißelt worden ist. Auch Störung oder Behinderung der Atembewegungen kann durch solches übertriebenes Schnüren zu Stande kommen. Man muss sich aber wohl hüten, überhaupt gegen die Korsets zu eifern, was nicht im Sinne der Hygiene ist; denn das Korset ist an und für sich zweckmäßig, um die Röcke zu tragen, die sonst einen starken Druck ausüben würden. Nur gegen das übertriebene Schnüren müssen wir die Stimme erheben. Dasselbe gilt für Riemen, die um die Taille geschlungen sind, was auch bei Männern vorkommen soll. Auch vor zu engen Halskragen, welche Druck auf den Hals und die dort liegenden Organe ausüben, auch die Zirkulation stören, indem sie eine Blutstauung in den Venen verursachen können, wird zu warnen sein. Einige glauben, dass dadurch Blutandrang zum Kopfe, ja sogar Struma und Exophthalmus entstehen und Kurzsichtigkeit zur Folge haben könne. Ob diese Ansicht berechtigt ist, muss ich dahingestellt sein lassen. Ich habe noch niemals beobachtet, dass sich jemand den Hals so stark einschnürte, dass daraus Störungen entstehen konnten. Andrerseits findet man gelegentliche Störungen erst nach langem Nachforschen als durch Kleidungsstücke bewirkt, so neuralgische Beschwerden durch den Druck von Hosenträgern, welche dann gewöhnlich als rheumatische

aufgefasst werden, bis eine genaue Ausfrage des Patienten auf die richtige Spur führt, und wo dann die Heilung schnell erfolgt, sobald man die unzweckmäßige Tracht ändern lässt.

212. In vielen Fällen ist aber der Mensch nicht Herr über seine Tracht, so bei der Uniformierung der Soldaten, und hier ist es hauptsächlich Sache der Militärärzte, bei den Vorgesetzten auf Änderung hinzuwirken, wenn sie eine Schädlichkeit aufgefunden haben. Wir werden später von den Störungen der Wärmeökonomie handeln, welche eintreten durch zu warme oder nicht genügend wärmeschützende Kleidung. In dieser Beziehung kann wohl behauptet werden, dass im allgemeinen die deutsche Uniformierung zweckmäßig ist für den Winter, nicht aber für den Hochsommer und dass sich die Einführung besonderer Sommeruniformen aus dünnem Wollstoff empfehlen würde. Bei der großen Belastung aber, welche der Soldat notwendiger Weise durch Gewehr, Munition u d. g. erfahren muss, ist es um so notwendiger, in der Bekleidung alles zu vermeiden, was ihn ohne Grund beschwert und seine Leistungsfähigkeit, an welche ja sehr hohe Anforderungen gestellt werden müssen, beeinträchtigt. **Zu große Belastung.**

Besondre Aufmerksamkeit muss auf die Kopfbedeckung gerichtet werden, welche zwar in neurer Zeit schon vervollkommnet wurde, besonders in Bezug auf ihr Gewicht, welche aber noch immer eine bedeutende Belastung des Kopfes verursacht und auch durch ihre geringe Durchlässigkeit für Feuchtigkeit, trotz der oben in der Helmspitze angebrachten Ventilationsvorrichtung, die Erwärmung des Kopfes im Sommer allzusehr steigert.

213. Am meisten werden Druckerscheinungen durch die Fußbekleidung herbeigeführt, nicht bloß durch zu enges Schuhwerk, sondern auch durch unzweckmäßige Formen. Es kommen hier die verschiedensten Grade von Druckwirkung vor. Sehr häufig sind die Zehen aus der normalen Lage gebracht, über- oder untereinander geschoben, was, wenn es hochgradig ist, den Fuß in seiner Brauchbarkeit beschränkt. Dann kommt es vor, dass durch zu starken Druck auf den Fuß die Bänder des Fußgewölbes gelockert werden und die Bildung des Plattfußes befördert wird. In der Regel ist freilich der Plattfuß nicht die Folge von unzweckmäßigem Schuhwerk, sondern von zu früher Anstrengung des Fußes. Man findet ihn daher häufig bei solchen, welche in früher Jugend ein Gewerbe ergreifen, bei dem sie viel laufen und stehen müssen, wie Bäcker, Kellner etc. **Fußbekleidung.**

Fernere Folgen zu engen Schuhwerks sind die bekannten Hühneraugen. Sie sind in ihren geringern Graden bloße Verdickungen der

Epidermis; in höheren Graden wachsen dann die verhornten Epithelzellen zapfen- oder nagelförmig in die Cutis hinein. Der Zapfen, welcher eine gefäß- und nervenhaltige Papille einschließt, kann bis auf den Knochen vordringen, dort Periostitis oder sonstige gefährliche und schmerzhafte Affektionen hervorbringen. Zuweilen bildet sich unter dem Hühnerauge ein Schleimbeutel, dessen Verletzung beim Ausschneiden besonders gefährlich ist. Ferner kommen leicht zu Stande die eingewachsenen Nägel, besonders an der großen Zehe, und zwar ist in der Regel die Sache so, dass der innere Rand nach abwärts gedrückt wird und ins Fleisch wächst, was nur durch Operation, indem man Teile des Nagels abtrennt und aus dem Nagelbett reißt, geheilt werden kann. Die fortwährende Reizung, welche ein so hartes Gebilde wie der Nagel hervorruft, kann zur Eiterung führen. Diese Störung wird nicht bloß durch die zu große Enge, sondern auch die unzweckmäßige Form des Schuhwerks bedingt und in dieser Beziehung ist, trotzdem immer und immer wieder darauf aufmerksam gemacht wird, eine gründliche Reform noch nicht eingeführt.

Richtige Form der Schuhe.

214. Besonders Hermann v. Meyer in Zürich hat nachgewiesen, dass die Schnittform des Schuhes nicht den Formen des Fußes entspricht und Deformationen bewirkt.

Betrachtet man den Fuß eines Säuglings oder den einer antiken Bildsäule, so fällt auf, dass die große Zehe im Vergleich zu dem, wie wir sie zu sehen gewohnt sind, auch an modernen Kunstwerken, deren Modelle eben auch schon verbildete Füße hatten, eine ganz abweichende Lage hat. Die große Zehe ist bei unsren Füßen in der Regel etwas nach außen gerichtet, legt sich also an die andern Zehen an, während bei Neugeborenen und antiken Bildsäulen ein Zwischenraum zwischen ihr und den andern Zehen ist, durch welchen bei den Alten der Riemen der Sandale durchgezogen wurde. Wenn wir bei einem derartigen Fuß die große Zehe der Länge nach halbiren und die Halbirungslinie nach hinten verlängern, so schneidet diese die Mitte der Ferse. Wird aber die Sohle des Schuhs, wie es bei unserm Schuhwerk üblich geworden ist, so geformt, dass jene Mittelaxe der großen Zehe, nach hinten verlängert, den inneren Rand der Ferse streift, so wird natürlich die Zehe aus ihrer Lage nach außen gedrängt und muss sich zuletzt auf oder unter die nächste Zehe schieben. Ist außerdem der Schuh vorne zu eng, so werden auch die andern Zehen übereinander gedrängt. Und wenn er zu kurz ist, so werden die Zehen auch noch krallenförmig gekrümmt. Alles das bewirkt Störungen beim Gang, verursacht Druck auf einzelne Stellen, an denen sich

dann die Hühneraugen und andern Druckwirkungen besonders häufig einstellen, nämlich an den Stellen, welche über den Gelenken zwischen dem ersten und zweiten Fingerglied, besonders der 5. und der 3. Zehe liegen, außerdem die sogenannten „Ballen“, am 1. und 5. Metacarpo-Pharyngealgelenk. Seltener treten Hühneraugen an der Plantarfläche auf, wohl meist in Folge ungenügenden Schutzes wegen zu geringer Breite der Schuhsohle.

Um diese Störungen zu vermeiden oder zu beseitigen, müssen wir die Schuhsohlen entsprechend zuschneiden lassen, so dass die große Zehe ihre normale Lage einnehmen kann, wobei im übrigen der Schuh vorn breit oder spitz sein kann je nach Geschmack und nach der Mode.

Diese Form der Sohle ist für den Schuhmacher unbequem insofern, als er nicht auf gewöhnliche Art Maß nehmen kann. Er muss vielmehr folgendermaßen verfahren: Er muss die Länge der großen Zehe messen, von der Spitze bis zum Ballen, dann die Breite derselben, diese in zwei Hälften teilen, endlich die Länge des Fußes vom Ballen bis zur Mitte der Ferse und die Breite des Fußes vom Ballen der großen bis zum Ballen der kleinen Zehe. Damit hat er die Hauptlinien. Verlängert er die Axe der großen Zehe nach hinten um die Fußlänge, trägt senkrecht darauf die Fußbreite auf, so hat er die Hauptpunkte gewonnen, innerhalb deren er die Form der Fußsohle einzeichnen kann. Der Erfolg ist ein schlagender; denn wenn man sich derartige Schuhe machen lässt, so geht man in ihnen besser, weil die Zehen Spielraum haben und nicht eingezwängt sind. Wenn die Füße schon etwas abgewichen sind von der Norm, so hindert das nicht, trotzdem zu der normalen Form überzugehen; wenn die Missformungen nicht gar zu stark sind, so gleichen sie sich aus.

Kleider als Träger von Infektionsstoffen

215. Ein hygienisch besonders wichtiger Punkt ist es, dass die Kleider Träger von Infektionsstoffen sein und bei Übertragung von Krankheiten eine Rolle spielen können. Es ist deshalb die größte Sorgfalt und Reinlichkeit nötig; das bezieht sich nicht bloß auf die gewöhnlichen Kleidungsstücke im engern Sinn, sondern auch auf die Betten. Je lockerer ein Körper ist, eine desto größere Oberfläche bietet er, an welcher sich Gase verdichten oder kleinste Körperchen, wie die Infektionsstoffe häufig sind, festheften können. Die Federbetten sind deshalb möglichst zu vermeiden und zu ersetzen durch Rosshaarpolster und leichte wollene Decken mit Leinenüberzügen, die leicht gewechselt und gereinigt werden können. Bloßes Waschen ist zur sichern Zerstörung solcher Infektionsstoffe häufig nicht aus-

reichend; manche Stoffe können auch nicht auf gewöhnliche Weise gewaschen werden. Für solche Fälle ist besonders die Reinigung durch starke Hitze, heiße Luft oder Wasserdampf zu empfehlen.

Wir werden auf diese Frage bei der Lehre von den Infektionskrankheiten noch zurückkommen müssen. Ich will deshalb hier nur auf einen einfachen und leicht zu übersehenden Fall hinweisen: das Vorkommen von Epizoen in den Kleidern. Die Krätzmilbe z. B. (*Sarcoptes scabiei*) gräbt nicht nur ihre Gänge in die Haut, sondern sitzt auch in den Kleidern. Wenn wir daher einen Krätzkranken, nach Anstellung einer Kur, seine Kleider wieder anziehen ließen, so würde er binnen kurzer Zeit wieder in derselben Lage sein wie vor der Kur. Wir müssen deshalb auch seine Kleider desinfiziren, d. h. alle in seinen Kleidern sitzenden Milben töten. Dasselbe gilt aber auch von allen Infektionskrankheiten, deren Ursachen lebende Wesen sind, freilich nicht immer so leicht nachweisbare wie die Krätzmilben.

Zu langes Tragen.

216. Werden Kleider lange Zeit getragen, so setzt sich nicht bloß äußerer Schmutz aller Art an sie an, sondern auch von innen her dringen die Hautabsonderungen, Schweiß, Hauttalg u. s. w. in sie ein, verstopfen ihre Poren und verhindern so den für die Gesundheit so notwendigen Luftwechsel. Außerdem entwickeln sich durch die Zersetzung dieser organischen Stoffe Schädlichkeiten, die wir schon kennen gelernt haben. Aber auch auf der Haut lagern sich die Rückstände der Absonderungen ab und überziehen dieselbe mit einer Art von Firnis, welcher die regelmäßige Hautthätigkeit beeinträchtigt.

Durch physiologische Versuche ist nachgewiesen worden, dass Tiere, deren Körperoberfläche zu einem großen Teile mit einem Firnis überzogen wird, schnell zu Grunde gehen. Man hat geglaubt, dass dies die Folge der Zurückhaltung eines flüchtigen Stoffes sei, welcher sonst von der Haut ausgeschieden wird und der, wenn er sich im Blute anhäuft, giftig wirke. Es ist jedoch nachgewiesen worden, dass in Folge der Firnissung die Hautgefäße sich sehr stark erweitern, und dass die Tiere an Abkühlung zu Grunde gehen, weil sie mehr Wärme verlieren, als sie produziren können. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass der Hautüberzug, welcher von dem angetrockneten Schweiß und den andern Hautsekreten gebildet wird, wenn gleich nicht ganz so heftig, doch in ähnlicher Weise wirke, und dass in dieser Unreinlichkeit, welche bei einem großen Teil unsrer armen Bevölkerung leider noch die Regel ist, eine Ursache vieler Erkrankungen, jedenfalls einer geringern Widerstandsfähigkeit gegen äußere Witterungseinflüsse ge-

geben ist, abgesehen davon, dass dieselbe zur Entstehung vieler Hautkrankheiten Anlass gibt.

Wir werden auf diese Störungen der Wärmeregulirung in den folgenden Vorlesungen noch näher eingehen. Hier soll nur auf den Zusammenhang derselben mit der Kleidung hingewiesen werden. Da durch die dauernde Erweiterung der Hautgefäße die Empfindlichkeit gegen äußere Kälte zunimmt, so werden die Menschen durch sie veranlasst, sich umsomehr mit dichten Kleidern zu umhüllen, ihre Zimmer übermäßig zu heizen, jeden Luftzug durch Verstopfen aller Ritzen an Thüren und Fenstern zu vermeiden, kurz alles zu thun, was die Schäden noch steigert.

217. Um so wichtiger ist es, durch zweckmäßige Belehrung auf die Wichtigkeit einer sorgfältigen Hautpflege für die Erhaltung der Gesundheit hinzuweisen und besonders für die ärmere Bevölkerung durch alle möglichen Erleichterungen die Gewohnheit häufigerer Reinigung der Haut zu erwecken. Vor allen Dingen sollten sich die Gemeinden oder gemeinnützige Vereine angelegen sein lassen, durch Errichtung von Volksbädern diese Gewöhnung herbeizuführen. Solche Bäder müssen für ein sehr geringes Entgelt, für die Armen ganz unentgeltlich zugänglich sein. Auch sollte mit dem Bade eine Waschanstalt verbunden werden, in welcher während des Bades die Leibwäsche gewaschen werden kann.

Wichtigkeit der Hautpflege.

Neben den warmen Wannenbädern sind besonders Dusch- und Brausebäder herzustellen, weil in solchen mit geringem Aufwand eine gute Reinigung erzielt wird. In manchen Städten hat man solche Anstalten mit den Schulen verbunden und lässt die Kinder in regelmäßigem Turnus während der Schulstunden baden. In der warmen Jahreszeit sind kalte Flussbäder, für die Armen unentgeltlich, einzurichten. Der Anspruch, dass die Gemeinden für dieses hygienische Bedürfnis der Einwohnerschaft Sorge tragen, lässt sich gewiss ebenso rechtfertigen, wie wir von ihnen verlangen, dass sie für Reinigung der Straßen, für Wasserzufuhr, Straßenbeleuchtung u. d. g. sorgen sollen. Und die Ausgaben, welche für solche hygienische Maßregeln gemacht werden müssen, lassen sich gewiss in Ersparnissen am Armenetat für Krankenbehandlung reichlich wieder einbringen.

Sechsundzwanzigste Vorlesung.

Grenzen der Wärmeregulation.

Einwirkung abnormer Temperatur. — Hitzschlag. — Abnorme Abkühlung. — Erfrierung. — Wiederbelebung Erfrorner. — Arbeiten in hohen Temperaturen.

Einwirkung abnormer Temperatur.

218. Wenngleich die sogenannten homoiothermen Tiere die Fähigkeit besitzen, ihre Eigenwärme so zu reguliren, dass dieselbe bei hohen und niedern Umgebungstemperaturen nahezu konstant bleibt, so hat dieses Regulirungsvermögen doch seine Grenzen. Insbesondre muss ihm, wie wir schon gesehen haben, bei niedrer Temperatur der Außenluft die Kleidung zu Hilfe kommen, um die normale Körperwärme zu erhalten, und wenn sie dazu nicht ausreicht, kann Abkühlung und Erfrieren eintreten. Aber auch das Gegenteil kann vorkommen, wenn die Kleidung zu dick ist; und wenn dazu noch in Folge einer erheblichen Muskelanstrengung die Wärmeproduktion über die Norm steigt, so können daraus sogar Gefahren für Leben und Gesundheit entstehen. Eine solche Steigerung der Körperwärme tritt am leichtesten ein, wenn die ungünstigen Momente, welche die Wärmeabgabe verringern, alle in demselben Sinne zusammenwirken. Wenn die Umgebungstemperatur sehr hoch, also der Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung gering ist; wenn die äußere Luft reich an Wasserdampf ist, so dass die Abkühlung durch Verdunstung des Schweißes eine geringe ist; wenn die Luft nicht bewegt ist, wobei sie weniger Wärme und Wasserdampf dem Körper entziehen kann, dann sind alle diese Bedingungen gegeben. Dies wird z. B. der Fall sein an schwülen Sommertagen, wenn die Luft feucht und der Himmel bewölkt ist. Kommt dazu erhöhte Wärmeproduktion durch körperliche Arbeit und ist die Wärmeabgabe noch außerdem behindert durch zu dicke Bekleidung, so kann die Körpertemperatur steigen bis zu Temperaturen, welche für das Nervensystem verderblich sind.

Hitzschlag.

219. Die Störungen, welche hierbei auftreten, fasst man zusammen unter dem Namen des Hitzschlags, früher auch Sonnenstich genannt, weil man sie zu Stande kommend dachte durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlung, besonders auf den Kopf. *Man glaubte*, dass durch die Insolation eine Meningitis zu stande

komme, aber das war ein Irrtum. Die Einwirkung der Sonnenstrahlen ist unnötig; sie kann unter Umständen mitwirken, indem sie die Temperatur der Kleidung so erhöht, dass sie die der Haut übersteigt. In solchen Fällen hört natürlich die Wärmeabgabe durch Leitung ganz auf. Aber gerade bei bedecktem Himmel tritt der Hitzschlag wohl eben so häufig auf als bei klarem, denn bei diesem letztern ist die Wärmeabgabe durch Verdunstung und Strahlung oft viel günstiger. Namentlich der Mangel an Luftbewegung, welcher an solchen schwülen trüben Sommertagen sich zeigt, trägt viel zum Ausbruch des Übels bei. Dasselbe befällt Feldarbeiter, Soldaten auf dem Marsche, die unter solchen Umständen schwere Arbeit leisten. Namentlich die Soldaten sind umsomehr gefährdet, als ihre Bekleidung für diese Verhältnisse gar nicht geeignet und die von ihnen zu leistende Muskelarbeit bei der Belastung mit vollem Gepäck eine sehr bedeutende ist. Die Zeichen des Hitzschlags sind in den ersten Stadien außerordentliche Beschleunigung von Puls und Respiration; dazu kommt eine kolossale Überfüllung der äußern Blutgefäße, die Haut rötet sich, enormer Schweiß bricht aus, der, weil er nicht in gleichem Maße verdunsten kann, in großen Massen von Gesicht und Kopf herabrieselt. Im zweiten Stadium erweitern sich die Hautgefäße noch mehr, das Gesicht wird dunkelrot, die Haut ist nass und fühlt sich heiß an, der Puls ist sehr frequent, voll und weich, die oberflächlichen Arterien pulsiren sichtbar. Zuletzt wird die Atmung keuchend und plötzlich stürzt der Mensch zusammen. Häufig steht Schaum vor dem Munde; der Kranke reagirt nicht auf sensible Reize; die Augen quellen aus den Augenhöhlen heraus, machen zuckende Bewegungen oder sind nach innen und oben gedreht. Wenn man den Kranken in diesem Stadium sich selbst überlässt, so kann sehr akut der Tod eintreten. Bringt man ihn aber an einen kühlen Ort, entblößt man den Körper an Hals und Brust, begünstigt man die Abkühlung, wozu fächelnde Bewegungen mit dem Waffenrock nach der Empfehlung des Stabsarztes Hiller sehr zweckmäßig sind, befreit man den Kranken, um ausgiebige Atembewegungen zu erleichtern, von allen beengenden Kleidungsstücken, so erholen sie sich meistens sehr schnell und können bald wieder vollkommen gesund sein. Es ist hier der Moment, wo die Lebensgefahr eintritt, so knapp bemessen, dass es manchmal auf den Zufall ankommt, ob Rettung gebracht werden kann, oder ob der Tod eintritt. Hält die erhöhte Körperwärme einige Zeit an, so kann der Kranke noch von Nachwirkungen befallen werden. Es kommt vor, dass solche Leute nachträglich eine schwere Gehirnkrankheit

durchmachen, an der sie entweder sterben oder von der sie sich nur langsam erholen; doch ist das selten.

Abnorme Abkühlung.

220. Das Gegenstück zu der zu geringen Wärmeabgabe ist die zu große, welche eintritt, wenn Menschen sich im Freien aufhalten bei außerordentlich starkem Frost, besonders wenn sie zu wenig gegen die Abgabe der Wärme geschützt sind, d. h. wenn die Kleidung zu leicht ist. Es kann dann der Körper nicht so viel Wärme produziren, als er verliert, und darum kühlt er sich zu sehr ab. Diese Abkühlung kann an einzelnen Stellen auftreten, besonders an den hervorragenden Teilen, an denen die Ausstrahlung stark vor sich geht, wie Finger, Zehen, Nase, Ohren. Es können dann lokale Erfrierungen eintreten, Fälle die in kältern Gegenden nicht selten sind. Die Gefahr ist dabei um so größer, weil mit der Abkühlung eine Anästhesie eintritt und der Mensch die Gefahr nicht merkt. Aber man sieht es den betreffenden Teilen an, da sie ganz weiß werden. Es gehört daher zu den ersten Menschenpflichten in Russland, dass man jeden, dem man in der Kälte begegnet, darauf hin ansieht und ihm zuruft „Väterchen Deine Nase“, worauf jener Schnee nimmt und seine Nase damit reibt um die Zirkulation anzuregen. Solche erfrorene Gliedmaßen werden nicht wieder normal. Ist die Erfrierung oberflächlich, dann verursacht sie die Frostbeulen; ist die Erfrierung tiefer eingedrungen, dann entsteht nach dem Auftauen in den erfrornen Gliedern meistens Gangrän mit Verjauchung.

Erfrierung.

221. Verliert der Körper nach und nach immer mehr Wärme, indem die Wärmeverluste größer sind als die Produktion, so kann es zur allgemeinen Erfrierung, zum Erfrierungstod kommen. Während bei fieberhaften Krankheiten und beim Hitzschlag eine nur mäßige Erhöhung der Temperatur etwa bis 42 oder 43° schon lebensgefährlich wird, kann die Abkühlung des Körpers sehr beträchtlich sein; eine Gefahr für das Leben tritt erst ein bei Abkühlung bis auf 25 oder 24°. Es geht dies hervor aus Beobachtungen, nach denen Menschen, welche bei großer Kälte im Freien gefunden wurden, noch ins Leben zurückgerufen werden konnten, obgleich die Temperatur bis auf diese Grenze gesunken war. Und diese Erfahrungen stimmen überein mit dem, was man bei Tieren gefunden hat, wenn man sie künstlich abkühlt, wobei genau dieselbe Grenze als unterste, mit der Erhaltung des Lebens verträgliche gefunden wurde. Übrigens gilt dies nur, wenn die Abkühlung allmählich erfolgt; erfolgt sie schnell, so kann der Tod schon eher eintreten. Derartige Fälle von Erfrierung kommen in Gebirgen z. B. in den Alpenpässen oder in strengen Win-

tern auch in andern Gegenden, aber im ganzen glücklicherweise doch nicht allzu häufig vor. Der Verlauf der Erfrierungen ist in der Regel der, dass bei der enormen Abkühlung die Thätigkeit des Nervensystems auf ein immer geringeres Maß herabsinkt. Der Puls wird verlangsamt, und da die langsame Strömung kalten Bluts die Thätigkeit der höhern Teile des Gehirns beeinträchtigt, so entsteht eine Müdigkeit, welche die Leute unfähig macht, weiter zu gehen. Sie setzen sich, um nur kurze Zeit auszuruhen, schlafen dabei, ein und das ist besonders gefährlich; denn da die Muskelthätigkeit die Wärmeproduktion steigert, so tritt ohne sie die Abkühlung nur um so schneller ein.

222. Findet man solche Menschen, ehe das Leben ganz erloschen ist, so kann man es durch zweckmäßige Behandlung wieder zurückrufen, während leicht Schaden angerichtet werden kann, wenn man unvorsichtig vorgeht. Der Hauptgesichtspunkt dabei ist, dass man nicht etwa versucht, durch Zuführung von Wärme wieder zu beleben. Der Grund für diese Regel ist leicht einzusehen: Bei jeder Abkühlung verengern sich die Hautgefäße; wenn dann nachträglich durch Wärmezufuhr von außen die Hautgefäße wieder erschlaffen, so wird die Gefahr entstehen, dass die innern Organe, besonders das Gehirn, welche wegen der schwachen Herzthätigkeit schon an Blutarmut leiden, ihre Funktionen ganz einstellen. Es wird ja durch plötzliches Erwärmen der Körperoberfläche eine Erweiterung der Gefäße in diesem Gebiet bewirkt und damit eine kollaterale Anämie in den innern Organen. Das gleiche gilt wohl auch, wenngleich in geringerm Grade von Einflößung heißer Getränke in den Magen. Es würden sich dort auch die Gefäße ausdehnen zum Schaden der andern Organe. Es muss daher die Wiedererwärmung zunächst unter Beschränkung des Wärmeverlustes durch die noch im Körper thätigen Stoffwechselvorgänge erzielt werden. Das geschieht, wenn man, wie es vielfach im Gebirge üblich ist, den Kranken in Schnee einpackt. Trotzdem der Schnee ungefähr so kalt ist wie die umgebende Luft, ist er doch ein schlechter Wärmeleiter und vermindert die weitere Abkühlung viel besser als die Luft. Kann man den Kranken in ein Haus bringen, so soll man ihn zunächst in einem ungeheizten Zimmer mit schlechten Wärmeleitern umgeben und so allmählich durch die innere Wärme, die er noch hat, eine ganz langsame Erwärmung von innen heraus bewirken. Unterstützen kann man die Wiederbelebung durch alle diejenigen Mittel, welche fördernd auf den Herzschlag einwirken, z. B. Reibungen mit wollenen Tüchern. Solche Reizungen wirken reflektorisch auf

Wiederbelebung Erfrorener.

die Gefäße, verengern dieselben, erhöhen den Blutdruck und machen das schwach schlagende Herz stärker arbeiten. In diesem Stadium wirkt dann auch Einflößung von heißem Tee oder Kaffee mit Zusatz von Branntwein günstig. So hebt sich allmählich die Thätigkeit in allen Organen und die Temperatur steigt langsam wieder zur Norm an.

Arbeiten in hohen Temperaturen.

223. Dem akuten Hitzschlag gegenüberstellen können wir gleichsam als chronische Formen die Einwirkungen mäßiger hoher Temperaturen bei längerer Dauer ihrer Einwirkung. Wir können hier verschiedene Fälle unterscheiden: Die Einwirkung hoher Temperaturen in heißen Klimaten und die hohen Temperaturen, denen viele Arbeiter bei ihren Verrichtungen ausgesetzt sind.

In beiden Fällen ist eine sehr auffallende Erscheinung die Verschiedenheit der Einwirkung auf verschiedene Individuen. Während Europäer, die nach Tropengegenden kommen, unter der hohen Temperatur beträchtlich leiden, befinden sich nicht nur die Eingebornen wohl dabei, sondern auch die Einwanderer (oder wenigstens ein Teil derselben) gewöhnen oder akklimatisiren sich allmählich. Und dasselbe gilt auch einigermaßen für die Arbeiter in Schmelzhütten u. d. g., wo auch die Gewohnheit es dahin bringt, dass Temperaturen vertragen werden, welche auf den Neuling sehr stark einwirken.

Es fehlt noch durchaus an einer genauen physiologischen Erkenntnis des Mechanismus dieser Gewöhnung. Was die Akklimatisirung anlangt, so umfasst sie neben der Gewöhnung an die hohe Temperatur noch allerlei andre Anpassungen an veränderte äußere Bedingungen. Die Mannigfaltigkeit derselben erschwert ihr Studium, und es ist bis jetzt, trotzdem große tropische Länderstrecken von Europäern besetzt sind, kaum noch etwas geschehen, um den Begriff der Akklimatisirung zu erläutern. Was den einfachern Fall des Aufenthalts in hochtemperirten Räumen anlangt, so sind vereinzelte Versuche an Menschen und zahlreiche an Tieren angestellt worden, am besten aber lassen sich die Verhältnisse übersehen an der Hand der sehr interessanten Beobachtungen, welche der Ingenieur Stapff bei Gelegenheit des Gotthard-Tunnelbaues angestellt hat.

Im Gotthardtunnel war die Temperatur während des Baues in den tiefern Stellen rund 30 ° C. Die Luft war dabei sehr feucht, fast mit Wasserdampf gesättigt. Der ruhige Aufenthalt in dieser Luft hatte eine geringe Steigerung der Eigenwärme zur Folge; dieselbe stieg aber sehr erheblich, wenn auch nur durch Gehen auf dem schlüpfrigen unebnen Boden, oder gar durch Arbeit die Wärmeproduktion des Körpers gesteigert wurde. Nach den Berechnungen von

Stapff würde bei mäßiger Anstrengung in trockner Luft etwa bei 45° C, in feuchter Luft bei 37—38° die äußerste Grenze der Temperatursteigerung erreicht werden (40°), welche noch ohne Schaden für die Gesundheit wenigstens für einige Zeit ertragen werden könnte.

Aus diesem Verhalten der Eigenwärme bei hoher Umgebungstemperatur erklärt es sich, warum die Leistungsfähigkeit des Menschen dabei so viel geringer ist als bei niedrer, warum also die Bewohner heißer Zonen viel weniger zu Körperanstrengungen fähig sind als die der gemäßigten. Und da die Einwandrer aus gemäßigten Klimaten unter der Wärme viel mehr leiden als die Eingeborenen, so verstehen wir auch, warum Europäer in Tropengegenden vollkommen unfähig zu körperlicher Arbeit und selbst zu geistiger nur in geringem Grade fähig sind. Aus der Gewöhnung an hohe Temperaturen aber folgt, dass der Organismus sich denselben anpassen kann. Wie weit diese Anpassungsfähigkeit geht, das wird vorzugsweise dafür entscheidend sein, ob eine Akklimatisirung möglich ist. Immer aber wird für den Europäer die Arbeitsfähigkeit in heißen Ländern eine beschränkte bleiben. Noch viel weniger bekannt sind die dauernden Veränderungen, welche der Organismus bei längerem Aufenthalt in tropischen Gegenden eingeht, und welche, wenn nicht Krankheiten (gelbes Fieber u. a.) dem Leben vorher ein Ziel setzen, schließlich die Akklimatisirung bewirken.

Abnorm niedrige Temperaturen können dagegen viel leichter, auch auf längere Zeit, ertragen werden, vorausgesetzt dass die Kleidung eine angemessene ist und genügende Ernährung stattfindet. Hierfür liefert die Geschichte der Polarexpeditionen zahlreiche Beispiele. Neben den vielen Opfern, welche auch diese gefordert haben, gibt es ebenso zahlreiche Beispiele, dass Europäer die kalten Winter des nördlichen Grönlands ganz gut überstehen können, wenn sie die Lebensweise der Eingebornen annehmen.

Siebenundzwanzigste Vorlesung.

Störungen der Wärmeregulation.

Erkältung als Krankheitsursache. — Mittel der Wärmeregulirung. — Änderung der Wärmeproduktion. — Anpassung der Wärmeabgabe durch die Hautgefäße. — Regulirung durch die Verdunstung. — Heiße Bäder. — Erschlaffung der Hautgefäße durch Wärme. — Erkältung. — Abhärtung. — Kalte Waschungen.

Erkältung als Krankheitsursache.

224. Haben wir in der vorhergehenden Vorlesung die Grenzen kennen gelernt, innerhalb welcher die Körperwärme erhalten bleiben kann, so müssen wir jetzt einige Störungen besprechen, welche innerhalb der normalen Grenzen liegen, aber dennoch zu Schwankungen der Eigenwärme führen, in Folge dessen sie häufig als Krankheitsursachen auftreten können.

Wir sehen dabei ab von dem Fieber, dessen Wesen zu ergründen Aufgabe der Pathologie ist, und sprechen zunächst nur von der sogenannten Erkältung. Diese spielt ja in der Ätiologie der Erkrankungen eine große, aber freilich verdächtige Rolle. Erkältungen geringern Grades, Schnupfen, Heiserkeit u. d. g. kommen so oft vor, dass man beim Aufnehmen der Erkrankungsgeschichte fast ohne Ausnahme eine Erkältung herausfragen kann; und so ist es gekommen, dass unter den ätiologischen Momenten fast bei jeder Krankheit auch Erkältungen aufgeführt werden. Da aber nachweislich eine große Anzahl von Krankheiten nicht auf so einfache Weise entstehen, sondern spezifische Ursachen haben, so ist eine Reaktion eingetreten, und viele Pathologen wollen darum von der Erkältung als Krankheitsursache gar nichts wissen. Aber es ist hier wie überall gut, ein gewisses Maß einzuhalten: Die Pneumonie ist in vielen Fällen, die ächte vielleicht immer eine Infektionskrankheit und durch bloße Erkältung allein wird sie nicht hervorgerufen. Aber es ist trotzdem als richtig anzusehen, dass man durch Erkältung krank werden kann. Freilich sind solche Krankheiten in der Regel nicht gerade gefährlich, es sind häufig nur Katarrhe, Rheumatismen etc. die man als Bagatelle ansehen könnte. Und doch ist auch dies nicht richtig. Wenn man zusammenzählt, wie viel Arbeitsstunden ein geistig arbeitender Mensch verliert, wenn ihn ein Schnupfen plagt, so ist das schon erheblich,

und es lohnt sich wohl zu betrachten, woher die Erkältungskrankheiten kommen und wie sie zu vermeiden sind.

Die Schwierigkeit, eine wissenschaftliche Erklärung für den Vorgang der Erkältung zu geben, liegt wohl hauptsächlich darin, dass nicht alle Erkältungen auf gleiche Weise entstehen. Es ist aber nur für einen Teil der Erkältungsfälle möglich, die Art ihrer Entstehung auf wissenschaftlich erkannte Thatsachen zurückzuführen und sie zu verknüpfen mit gewissen Erfahrungen, welche man in Versuchen an Tieren gemacht hat über das Verhalten der wärmeregulatorischen Einrichtungen beim Wechsel der Außentemperatur.

Mittel der Wärmeregulirung.

225. Wenn wir im Winter aus einem warmen Zimmer ins Freie gehen, oder bei sehr großer Sommerhitze in einen kühlen Keller oder in eine Grotte treten, so sind das schon sehr erhebliche Temperaturschwankungen, denen unser Körper dabei plötzlich ausgesetzt wird. Trotzdem wechselt unsre Körpertemperatur in der Regel sehr wenig. Diese Fähigkeit des Organismus, sich so den äußern Verhältnissen anzupassen, bezeichnet man als Wärmeregulirung. Die Mittel durch welche die Wärme regulirt wird, sind verschiedener Art. Entweder erhalten wir unsre Eigenwärme konstant dadurch, dass wir die Wärmeproduktion nach der Wärmeabgabe einrichten, mehr Wärme produziren in kalter und weniger in warmer Umgebung. Oder aber die Wärmeproduktion bleibt konstant und die Wärmeabgabe bleibt gleichfalls konstant trotz der veränderten äußern Bedingungen. Das erstere Prinzip spielt besonders für längere Zeiträume eine wichtige Rolle. Wir wissen, dass im Winter die Atmung sich anders verhält als im Sommer, dass mehr O aufgenommen wird und mehr CO_2 abgegeben. Im Winter essen wir stärker als im Sommer, und die Bewohner kälterer Zonen essen stärker als die Bewohner wärmerer. Es zeigt sich ferner, dass erstere sich vorzugsweise solcher Nahrungsmittel bedienen und sie in großen Massen verzehren, welche geeignet sind, viel Wärme zu produziren, wie Fett, während die Bewohner heißer Zonen bekannt sind durch ihre Mäßigkeit. Ein Eskimo genießt viel Thran, um die ungeheure Wärmeproduktion zu leisten, deren er bedarf, um bei der kalten Umgebung dennoch seine Eigenwärme auf der Höhe von ungefähr 38° zu erhalten. In allen diesen Fällen richtet sich also die Wärmeproduktion nach den äußern Umständen; sie wird geringer bei höherer Umgebungstemperatur und größer bei niedriger.

Änderung der Wärmeproduktion.

226. Eine andre Frage ist es aber, ob dies auch der Fall ist bei plötzlichen Übergängen. Wenn wir im Freien frieren, so

können wir auch die Wärmeproduktion steigern durch Muskelanstrengung. Wir gehen schneller, oder schlagen die Arme gegen einander, oder hüpfen von einem Bein aufs andre. Einige Physiologen nehmen nun an, dass auch unwillkürlich bei Wechsel der Temperatur eine solche Änderung der Wärmeproduktion stattfinde; besonders PFLÜGER und seine Schüler nehmen eine solche Regulirung an auf Grund von Versuchen, durch welche sie nachgewiesen haben, dass ein Tier mehr Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure abgibt, wenn man seine Haut abkühlt. Hieraus schließen sie, dass die Wärmeproduktion gesteigert sei. Aber der Schluss ist unsicher, so lange man nicht bewiesen hat, dass am Ende der Versuchszeit der Vorrat von Sauerstoff im ganzen Tier nicht zu- und der von Kohlensäure nicht abgenommen hat; ein Beweis der nicht geführt ist, weil der Gesamtvorrat nicht bestimmt werden kann. Versuche, welche beweisend sein sollen, müssten sich über längere Zeiten erstrecken. Nun gibt es eine Versuchsreihe, welche diesen Anforderungen entspricht, angestellt von Herzog KARL THEODOR in Bayern. Er hat eine Katze bei gleich bleibender Ernährung $5^1/_2$ Monate lang beobachtet teils im Sommer teils im Winter, während des letztern teils im Freien, teils im geheizten oder im ungeheizten Zimmer. Die CO_2-Produktion und Sauerstoffaufnahme wurde immer während 5—6 Stunden bestimmt. Aus den Zahlen ergibt sich, dass die Katze in der Kälte mehr Sauerstoff aufnahm und mehr CO_2 produzirte als in der Wärme.

Anpassung der Wärmeabgabe durch die Hautgefäße.

227. Aber auch aus diesen Versuchen dürfen wir nicht schließen, dass bei plötzlichem Wechsel von warmer und kalter Umgebung die Wärmeproduktion gesteigert wird. PFLÜGER spricht von einem chemischen Tonus der Muskeln; er stellt sich vor, dass durch einen Einfluss des Nervensystems sofort bei sinkender Außentemperatur die chemische Umsetzung gesteigert wird und umgekehrt. Das ist nicht bewiesen, wohl aber, dass die Regulirung zu Stande kommen kann durch Mittel, welche die Wärmeabgabe den äußern Umständen anpasst. Es verengern sich bei niedrer Temperatur die Hautgefäße, ez zirkulirt weniger Blut durch die Haut und die Hauttemperatur fällt; aber damit wird auch der Unterschied zwischen Haut- und Umgebungswärme kleiner und die Wärmeabgabe geringer. Man muss sich den Organismus vorstellen, wie ein komplizirtes Gebäude, in welchem viele Öfen Wärme erzeugen. Würde die Luft an den Außenwänden durch Röhren geleitet, welche weiter oder enger gemacht werden können, so würde dadurch auch bei Schwankungen der Außentemperatur die Zimmertemperatur konstant erhalten werden können,

während die Wärmeerzeugung ungeändert bliebe. Eine solche Wärmeregulirung haben wir in unsern Gefäßen.

228. Dazu kommt aber noch der Einfluss, welchen die Umgebungswärme auf die Absonderung von Schweiß hat. Kommen wir in eine hohe Temperatur, so wird reichlich Schweiß abgesondert, dieser verdunstet und kühlt uns ab. Umgekehrt behalten wir unsre Wärme besser zurück, wenn bei kalter Umgebung weniger Schweiß verdunstet. Diese Regulirung durch den Schweiß ist nicht bloß von der Außentemperatur, sondern auch von dem Feuchtigkeitsgehalt der äußern Umgebung abhängig. Es ist daher, wenn wir untersuchen, wie sich ein Organismus gegen äußre Temperaturen verhält, sehr wichtig, ob die Luft trocken ist oder nicht. Eine Erfahrung dieser Art machen wir in den sogenannten römischen oder irischen Bädern, wo man nach und nach in immer heißere Räume gelangt. Man kommt zuerst in einen Raum, wo man ein warmes Vollbad von etwa 35° C. nimmt, sodann in das sogenannte Tepidarium von ca. 50° C. und dann in das Calidarium von etwa 60° C. Darin verweilt man kürzere oder längere Zeit und kommt dann unter eine Dusche von lauwarmem Wasser. Darauf kommt wieder ein Vollbad. Diese Prozedur zeigt uns, dass wir uns in hohen Temperaturen aufhalten können, ohne dass die Körperwärme übermäßig steigt, wenn nur die uns umgebende Luft recht trocken ist. Es können sogar noch viel höhere Temperaturen als die genannten ertragen werden, wenn man daran gewöhnt ist, wie aus Reisebeschreibungen hervorgeht, welche uns melden, mit welchem Behagen die Türken, bei denen diese Luftbäder sehr beliebt sind, sich gerade an die Einströmungsstellen der heißen Luft herandrängen. Und in den berühmten Versuchen von Blagden und Fordyce wurde sogar festgestellt, dass Menschen in trockner Luft von über 100° verweilen können, ohne dass ihre Körperwärme merklich steigt.

Regulirung durch die Verdunstung.

Dasselbe wie für die Wärme gilt auch für die Kälte. Leute, die gewohnt sind, sich viel im Freien zu bewegen, frieren selten. Aber dies bezieht sich mehr auf das subjektive Kältegefühl. Denn bei mangelnder Bewegung sinkt in der That die Körperwärme, kommt dann aber auf einem neuen Gleichgewichtszustand zur Ruhe. Ungefähr dasselbe gilt auch für mäßig warme Umgebung. Das Wärmeregulirungsvermögen hat eben Grenzen, innerhalb deren es wirksam wird.

Heiße Bäder.

229. Wie wichtig die Wasserverdunstung für die Wärmeregulirung ist, das wird noch klarer, wenn man die römischen Bäder mit den russischen vergleicht. Hier wird die höhere Temperatur durch

Wasserdampf erzeugt, und da zeigt sich, dass man sehr viel weniger hohe Temperaturen aushalten kann. Es muss daher in einem solchen Bade auch immer für nötige Abkühlung gesorgt werden, was durch Anwendung einer kalten Dusche geschieht. In heißen Wannenbädern benutzt man zum Schutz gegen die zu starke Erwärmung kalte Kompressen, die man auf den Kopf legt, um die Kongestionen zu mildern. Ebenso ist es mit den niedern Temperaturen. Ist die uns umgebende Luft sehr kalt und zugleich trocken, so wird die Wärmeentziehung eine bedeutendere sein, als wenn bei gleich niederer Temperatur die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Freilich ist der Unterschied gering, denn es ist die Entziehung von Feuchtigkeit durch kalte Luft verhältnismäßig größer als durch warme. Wenn diese mit Wasserdampf gesättigt ist, so kann sie dem Körper keine großen Wärmemengen entziehen Umgekehrt aber kann die kalte Luft, selbst wenn sie gesättigt ist, noch viel Wärme entziehen, weil sie sich bei der Berührung mit der Körperoberfläche erwärmt und ihre Kapazität für Wasserdampf zunimmt.

Erschlaffung der Hautgefäße durch Wärme.

230. Wenn wir ein Säugetier in einen sehr warmen Raum von etwa 36°—38° C. bringen, dann finden wir, dass die Körpertemperatur etwas steigt, vielleicht auf 41—42°; dann aber bleibt sie konstant. Untersuchen wir das Tier, so finden wir, dass alle sichtbaren Hautgefäße an den Ohren, der Konjunktiva u. s. w. sehr stark erweitert sind. Lassen wir das Tier in diesem warmen Raum eine Zeit lang und bringen wir es dann in ein gewöhnliches Zimmer, so verengern sich die Hautgefäße und das Tier kehrt zur normalen Temperatur zurück. In einem Raum von 40° ist die erstere Erscheinung noch ausgeprägter, die Temperatur steigt stark an, bis zu 45° und das Tier kann es nur kurze Zeit aushalten; bringen wir es aber heraus in das Zimmer, dann verengern sich die Arterien nicht so schnell, sie bleiben erweitert, und die Temperatur des Tiers sinkt jetzt unter die Norm. Also bei dieser zu starken Einwirkung der warmen Umgebungsluft sind die Körperarterien erschlafft und funktioniren nicht mehr ordentlich.

Erkältung.

231. Wir können annehmen, dass etwas derartiges bei Menschen auch vorkommt. Stellen wir uns einen gefüllten Tanzsaal vor, wo viele Gasflammen brennen und die Temperatur sehr hoch ist. Nehmen wir noch dazu an, dass die Menschen durch die starke Körperbewegung des Tanzens ihre Wärmeproduktion steigern, so ist nicht zu zweifeln, dass hier die Körperwärme über die Norm gesteigert ist. Kommt ein so erhitzter Mensch plötzlich ins Kalte, so wird es darauf

ankommen, ob die Gefäße prompt reagiren oder nicht. Thun sie es, so wird er keinen Schaden nehmen, wenn nicht, so kann eine plötzliche Abkühlung des in den erweiterten Hautgefäßen sehr schnell fließenden Blutes stattfinden Das stark abgekühlte Blut zirkulirt weiter, kommt in die innern Organe und wird sie unter abnorme Bedingungen setzen. Es kann nun sehr wohl sein, dass dies zu einer Erkrankung einzelner Organe führt. In andern Fällen sind es lokale, länger andauernde Wärmeentziehungen, die zum gleichen Resultat führen, wie z. B. Einschlafen auf feuchtem, kaltem Boden Lähmung der Extremitäten bewirken kann oder Arbeiten im kalten Wasser Rheumatismus zur Folge hat. Aber warum bei einem Menschen dies, beim anderen jenes eintritt, das würde nur erklärt werden können durch einen locus minoris resistentiae, indem ein vielleicht schon an sich schwächeres Organ weniger widerstandsfähig ist als ein gesundes. Andrerseits erklärt es sich auch, warum die Mehrzahl der Erkältungen nur äußere Organe, die Schleimhäute der Nase, des Rachens, des Kehlkopfs treffen, denn diese sind der Schädlichkeit der Abkühlung am meisten ausgesetzt.

232. Wenn dem nun so ist, so ist klar, dass die Abhilfe bestehen muss in Vermeidung der Schädlichkeiten. Wir müssen uns vor zu schroffen Übergängen aus sehr warmer in kalte Umgebung hüten, auch durch zweckmäßige Bekleidung die Einwirkungen mildern. Die Kleidung darf nicht zu warm sein, damit die Hautgefäße an den Kältereiz gewöhnt werden; auch soll, wie wir schon gesehen haben, die freie Verdunstung des Schweißes möglichst wenig behindert werden. Dann aber müssen wir offenbar auch dahin streben, dass durch Einübung der regulirenden Organe diese in weitern Grenzen noch ihren Dienst prompt verrichten. Gerade wie wir durch Turnen unsre Muskeln üben können, dass sie kräftiger und sicherer reagiren, so kann die Übung auch auf die Apparate der Wärmeregulirung, insbesondre die Hautgefäße wirken, so dass sie plötzlichen Einwirkungen viel besser folgen können als ungeübte. Eine planmäßige Abhärtung nun können wir befördern dadurch, dass wir zweckmäßige Vorschläge und Belehrungen geben für die Behandlung der Haut, insbesondre auch schon bei jungen Kindern. Hier ist vor allen Dingen zu nennen zweckmäßige Anwendung von kalten Waschungen des ganzen Körpers. Wenn diese von Jugend auf des Morgens und Abends geübt werden, so können, wie die Erfahrung beweist, selbst schroffe Temperaturwechsel, Abkühlung durch Zugluft u. d. g. besser vertragen werden.

Abhärtung.

Kalte Waschungen.

233. So zweckmäßig solche kalte Waschungen auch an sich sind, so müssen sie doch richtig gehandhabt werden, wenn sie nicht schaden sollen. Es gibt ja Leute, welche, sowie sie aus dem Bette kommen, sich unter die kalte Dusche stellen; aber nicht jeder kann das vertragen. Jedenfalls muss einem solchen Verfahren eine gewisse Übung vorausgehen durch Waschungen mit nicht allzukaltem Wasser mittels eines Schwamms. Auf die Waschung folgt eine trockene Abreibung, am besten mit Flanell, wobei sich die Hautgefäße wieder erweitern. Bei täglicher Wiederholung solcher Waschungen, wobei allmählich kälteres Wasser angewandt werden kann, üben sich die Gefäße so ein, dass sie auch auf größere, plötzliche Temperaturschwankungen gut reagiren. Es gibt aber auch Fälle, wo man die kalten Waschungen ganz einstellen muss. Leute, welche an Hämorrhoiden leiden, können sie häufig gar nicht vertragen. Das ist wahrscheinlich so zu erklären: Die Hämorrhoidalerkrankungen bestehen in Erweiterung der Venen des Unterleibs. Wenn die Hautgefäße durch plötzliche Abkühlung sich zusammenziehen, so hat das eine kollaterale Fluxion nach den innern Organen zur Folge. Die erkrankten Venen können dem vermehrten Blutandrang am wenigsten widerstehen, und die Hämorrhoidalbeschwerden nehmen zu. Da die Hämorrhoiden häufig versteckt sind und einen großen Einfluss auf die Gemütsstimmung ausüben, so dass damit behaftete Leute sehr reizbar sind, so steigert sich dies noch bei den Waschungen und Abreibungen und die Schmerzen treten in der heftigsten Weise auf. Ja ich habe sogar gefunden, dass in solchen Fällen die häufige Anwendung mäßig warmer Bäder einen sehr günstigen Einfluss hatte. Nach jedem warmen Bade sollte aber, um die Übung der Hautgefäße nicht ganz zu vernachlässigen, eine Abwaschung oder eine Übergießung mit mäßig kaltem Wasser folgen.

Auch bei der Empfehlung der kalten Waschungen für Kinder darf man die nötige Vorsicht nicht vernachlässigen. So kam es vor, dass zwei Mütter sich über die Behandlung ihrer Kinder unterhielten und die eine die von der andern empfohlenen kalten Übergießungen ebenfalls anzuwenden beschloss. Sie nahm ihr Kind früh aus dem Bett, stellte es, heiß wie es war, in eine Wanne und goss ihm einen Eimer kalten Wassers über den Leib. Unglücklicher Weise bekam das Kind Pneumonie. Seitdem wurden natürlich die Waschungen unterlassen. Daraus geht hervor, dass der Arzt Verhaltungsmaßregeln über die zweckmäßige Anwendung solcher Manipulationen nicht nur im allgemeinen geben muss, sondern die Vorschriften möglichst genau *machen soll.*

Achtundzwanzigste Vorlesung.

Die Nahrungsstoffe.

Notwendigkeit der Nahrungsaufnahme. — Nahrungsstoffe. — Genussmittel. — N-haltige Nahrungsstoffe. — Fette und Kohlehydrate. — Wasser, Salze, Gewürze.

234. Die hygienische Betrachtung der Ernährung hat zu untersuchen, wie dieselbe beschaffen sein muss, um die Menschen auf die Dauer gesund und bei guter Leistungsfähigkeit zu erhalten, und nebenbei auch die Frage zu erörtern, auf welche Weise eine solche Nahrung möglichst gut herzustellen ist zu billigem Preis. Denn da notorisch viele Leute nicht in der Lage sind, große Summen für ihre Ernährung auszugeben und darum leicht durch ungenügende Ernährung Schaden an ihrer Gesundheit leiden, so wird es gut sein, auch auf den Gesichtspunkt einzugehen, wie man mit wenig Mitteln die beste Nahrung herstellen könne. Ferner ist zu untersuchen, ob eine Nahrung, die im übrigen zweckmäßig eingerichtet ist, unter Umständen dennoch imstande ist, Schaden anzurichten, und wie demselben vorzubeugen sei.

Notwendigkeit der Nahrungsaufnahme.

Wir wissen, dass mit dem Leben fortwährend Verbrauch von Stoffen verbunden ist, dass das Leben nur besteht mit gleichzeitiger Oxydation der Körperbestandteile, durch welche Teile des Körpers verbraucht und in ihren Endprodukten ausgeschieden werden, während gleichzeitig Wärme und Arbeit produzirt wird. Die Größe der Oxydationsprozesse schwankt mit der Masse des Körpers. Aber diese Größe ist nicht bloß zwischen zwei Individuen verschiedenen Alters, Geschlechts und Gewichts verschieden, sondern auch bei demselben Individuum können die Ausscheidungen innerhalb kurzer Zeit erheblich schwanken. Insbesondere hängt die Menge derselben sehr von der Nahrungsaufnahme selbst ab, so dass, wenn ein Körper mehr Nahrung aufnimmt, als unbedingt zur Erhaltung nötig ist, auch die Ausscheidungen, wenngleich in geringerem Maße, zunehmen. Dies führt uns zur Frage, ob es nur Gewebe sind, welche verbrennen, und ob die Nahrung nur duzu dient, diese verbrauchten Gewebe wiederherzustellen, oder ob die Nahrungsbestandteile, ehe sie Gewebe geworden sind, unmittelbar durch ihre Verbrennung Wärme und Arbeit

liefern. Früher stellte man sich nur das erstere vor; dann vertrat Liebig die Ansicht, dass von den Nahrungsmitteln einige, welche er plastische oder Gewebsbildner nannte, zum Wiederersatz verbrauchter Gewebe, andre aber, die er als respiratorische bezeichnete, zur Erzeugung von Wärme und Arbeit dienen. Jetzt weiß man, dass auch die sogenannten plastischen Nahrungsstoffe Liebig's nicht nur zum Ersatz von verbrauchtem Gewebe dienen, sondern zum Teil schon in den Poren der Gewebe als sogenannter Gewebssaft der Einwirkung des eingeatmeten O ausgesetzt sind und verbrennen. Demnach spielen alle Nahrungsbestandteile zum Teil die Rolle des Brennmaterials, welches unter dem Kessel der Dampfmaschine verbrennt und die Kraft liefert, während die eigentlichen geformten Gewebsbestandteile die Rolle der Maschine spielen, welche die Kraft in bestimmter Weise zur Erscheinung bringt. Sofern die Maschinenteile der Abnutzung ausgesetzt sind, müssen auch sie immer wieder ergänzt und erneuert werden. Damit der Organismus bestehen kann, ist es daher nötig, dass er so viel Stoffe, als bei dem Lebensprozess abgenutzt werden, wieder ersetzt, und außerdem noch so viel aufnimmt, dass durch direkte Verbrennung die zu seinem Bestand nötige Wärme und Arbeit geleistet wird.

Nahrungsstoffe.

235. Ein Mensch muss seine Körpertemperatur auf einem gewissen Stand halten und daraus folgt, dass er mehr Nahrung braucht, wenn er mehr Wärme verliert. Wir werden ferner schließen müssen, dass das Nahrungsbedürfnis abhängt von der Arbeit, dass z. B. für einen Schneider, der auf seinem Schneidertisch sitzt, das Nahrungsbedürfnis nicht gleich sein kann dem eines Lastträgers oder Grubenarbeiters, der schwere Arbeit leistet. Es fragt sich aber, welcher Art sind die Stoffe, die wir aufnehmen müssen, um den Zwecken des Organismus zu entsprechen. Und da können wir ohne weiters gleich einsehen, dass nur solche Substanzen, die noch nicht bis in höhere Stufen oxydirt sind, als Nahrungsstoffe dienen können; denn ein Stoff der schon oxydirt ist, kann keine Wärme und Arbeit mehr leisten. Allerdings gehören zu den Nahrungsbestandteilen auch gewisse nicht verbrennliche Stoffe, wie Kochsalz; aber diese Stoffe sind nicht wirkliche Nahrungstoffe im engern Sinne, sondern spielen, wie wir gleich sehen werden, bei der Ernährung eine zwar wichtige, aber immerhin doch nur sekundäre Rolle. Stoffe, die noch oxydirt werden können, können aber auch nur als Nahrungsstoffe dienen, wenn sie zugleich auch noch einer Reihe andrer Bedingungen genügen. Erstens ist es unbedingt notwendig, dass sie aufgenommen werden können in der

Organismus. Wenn man einen Stoff auf die Haut legt, ist er noch nicht Bestandteil des Organismus; aber ebenso wenig, wenn man ihn verschluckt. Denn er befindet sich ja zunächst nur auf einer innern Oberfläche des Körpers. Erst wenn er die Wandungen des Magens oder Darms durchwandert hat, bildet er in Wahrheit einen Bestandteil des Organismus und kann durch den Lymph- oder Blutstrom überall hingebracht werden, wo er gebraucht wird. Da nun die Wandungen des Nahrungskanals nur für Flüssigkeiten durchgängig sind, so folgt daraus als erste Bedingung für die Aufnahmefähigkeit, dass die Stoffe flüssig seien, oder dass sie in den Verdauungssäften gelöst werden können. Es gibt Substanzen, welche ohne weiters flüssig sind oder gelöst werden können und andre, die das nicht sind, aber durch die Verdauung in lösliche übergeführt werden. Nur, was diesen Bedingungen genügt, kann als Nahrungsbestandteil von Nutzen sein. Stoffe solcher Art nennt man Nahrungsstoffe.

236. Wenn wir aber die unendlich mannigfaltigen Stoffe der Art durchgehen, so finden wir, dass von diesen doch nicht alle als Nahrungsstoffe brauchbar sind, sondern wir müssen gleich eine große Gruppe ausschließen, diejenigen, welche in den Organismus eintretend eine schädliche Wirkung haben. Solche Stoffe nennen wir Gifte. Es ist dabei zu bemerken, dass der Begriff Gift ein sehr relativer ist, denn in kleinen Dosen können sie sogar nützlich wirken, wenn man die Dosis dagegen zu hoch greift, wirken sie schädlich oder gar tötlich. Während bei einzelnen dieser Gifte die nutzbringende Anwendung nur in Form von Arzneien geschieht, finden wir, dass manche dieser Stoffe gewohnheitsmäßig den Speisen zugesetzt werden. Da aber das Wesentliche bei ihrem Gebrauch nicht der Beitrag zu Arbeitsleistung und Wärmebildung ist, sondern da es dabei mehr auf ihre spezifische Wirkungen, namentlich auf das Nervensystem ankommt, so pflegt man diese Nahrungsbestandteile von den Nahrungsmitteln abzutrennen und unter dem Namen Genussmittel zusammenzufassen. Dahin gehört die große Gruppe von Substanzen, welche Pflanzenalkaloide enthalten wie Coffein, Theobromin, ferner die alkoholischen Getränke, der Tabak u. a. m.

Genussmittel.

237. Unter den eigentlichen Nahrungsstoffen müssen wir unterscheiden zwischen denen, welche Stickstoff enthalten, und den stickstofffreien. Wir müssen N-haltige Stoffe aufnehmen, denn es werden N-haltige Substanzen im Körper verbraucht, und ihre Reste werden in Gestalt von Harnstoff etc. ausgeschieden. Es würde also ein Mangel eintreten, wenn nicht der nötige Stickstoff wieder zuge-

N-haltige Nahrungsstoffe.

führt würde. Man hat gefunden, dass dieser Ersatz nicht durch beliebige stickstoffhaltige Substanzen geschehen kann, sondern nur durch einige wenige. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Pflanze wesentlich vom Tier. Erstere kann ihren Stickstoff aufnehmen aus gewissen Salzen, Ammoniak, Salpeter etc. und baut Eiweißkörper daraus auf; der tierische Körper aber muss fertig gebildete Eiweißkörper aufnehmen, um den Stickstoff sich nutzbar zu machen. Nur in beschränktem Maße können die Eiweißkörper oder Albuminate ersetzt werden durch die ihnen nahe verwandte Gruppe der eiweißähnlichen Körper oder Albuminoide. Zu letztern gehören besonders die Leimarten. Sie sind aber für sich allein nicht imstande, auf die Dauer den N-Bedarf des Körpers zu decken, sondern nur zum Teil und neben Eiweißkörpern. Man kann daher die Eiweißkörper in der Nahrung nicht entbehren, wohl aber einen Teil derselben durch Albuminoide ersetzen. Dies ist wichtig, weil die Eiweißkörper teuer sind, so dass für die Ernährung der ärmern Bevölkerung es durchaus geboten ist, diese teilweise durch die billigern Albuminoide zu ersetzen.

Die Eiweißkörper sind zusammengesetzt aus den Elementen C, H, O, N, S und P, letztere beide freilich nur in geringem Verhältnis. Sie werden, wie schon bemerkt, in der Pflanze aus einfachern N- und C-haltigen Stoffen aufgebaut. Aus diesen wandern sie in den Leib der Pflanzenfresser und der Mensch bezieht sie in seiner Nahrung entweder unmittelbar aus der Pflanzenwelt oder mittelbar, wenn er tierische Nahrung genießt.

Die wichtigsten Eiweißstoffe in unsrer Nahrung sind folgende:

Aus dem Pflanzenreich: Kleber (Gluten), Legumin, Pflanzenfibrin.

Aus dem Tierreich: Albumin (aus Eiern, Blutserum), Fibrin, Myosin, (Muskelfibrin), Kasein, Globulin.

Außer diesen kommen in der Nahrung noch zusammengesetztere Körper vor, welche Eiweißkörper in Verbindung mit andern enthalten z. B. das Hämoglobin.

Fette und Kohlehydrate.

238. Die stickstofffreien Nahrungsstoffe sind aus den Elementen C, H, O zusammengesetzt und zerfallen in zwei Gruppen, die der Fette und der Kohlehydrate.

Was wir gewöhnlich unter Fett verstehen, ist neutrales Fett und besteht aus einer Verbindung von Fettsäuren mit einem Körper, der in der Regel Glyzerin, ein dreiatomiger Alkohol, ist. Es gibt auch andre Fette, bei denen die Fettsäuren mit einem

andern Alkohol, z. B. Cholestearin, verbunden sind; doch sind sie verhältnismäßig selten. Wir können die neutralen Fette spalten; indem wir auf ein solches in der Wärme Ätzkali wirken lassen, verbindet sich die Fettsäure mit dem Kali und Glyzerin wird ausgeschieden. Das bezeichnet man als Verseifung. Auch die Seifen können zur Ernährung dienen und ebenso freie Fettsäuren; meist aber genießen wir neutrale Fette, die dann im Darmkanal teilweise gespalten werden. Die zweite Gruppe, die der Kohlehydrate, besteht aus einer großen Anzahl von Verbindungen, die das gemeinsame haben, dass sie H und O in demselben Verhältnis enthalten wie das Wasser, d. h. also auf je 1 Atom O 2 Atome H; die Zahl der O-Atome ist gleich der Zahl der C-Atome. Hierdurch unterscheiden sie sich von den Fetten, bei denen die Zahl der C-Atome größer ist als die der O-Atome, und die Zahl der H-Atome größer als das Doppelte der O-Atome. Dadurch kommt ein Unterschied in dem Verhalten bei der Oxydation zu Stande: Wenn Kohlehydrate sich oxydiren, so nehmen sie O auf und bilden CO_2, während der Wasserstoff mit dem eigenen molekularen O zu Wasser verbrennt. Das Volum der dabei entstehenden Kohlensäure ist deshalb gleich dem Volum des aufgenommenen Sauerstoffs. Wenn dagegen Fette verbrennen, so müssen sie O aufnehmen, um C zu verbrennen, und außerdem noch, um den Mangel zu ergänzen, der in Folge ihrer Konstitution herrscht, damit aller H des Moleküls zu H_2O verbrennt. Deshalb entsteht bei der Verbrennung der Fette weniger Kohlensäure (dem Volum nach) als Sauerstoff aufgenommen wurde. Bei gleichem Gewicht enthält das Fett mehr C als die Kohlehydrate, ein gleiches Gewicht Fett ist daher als Nahrungsstoff betrachtet wertvoller und kann mehr Wärme und Arbeit leisten. Die Zahl der Fette und Kohlehydrate ist sehr groß. Erstere stammen teils aus Pflanzen, teils aus Tieren. Von den hauptsächlich in unsrer Nahrung vertretenen seien hier erwähnt: Olein, Margarin, Stearin, Butyrin. Sie sind alle Glyzerinverbindungen der betreffenden Fettsäuren (Oleinsäure u. s. w.). Sie kommen in den natürlichen, aus Pflanzenstoffen gewonnenen oder aus tierischen Produkten (Fettgewebe, Milch) bestehenden Nahrungsmitteln immer gemischt vor; neben ihnen meist noch in geringern Mengen Myristin, Caprinin, Caprylin, Capronin, seltner die betreffenden Fettsäuren in freiem Zustande oder als Seifen.

Die Kohlehydrate der Nahrung stammen fast alle aus dem Pflanzenreich. Die wichtigsten sind: Stärke oder Amylum, das ihm

nahe verwandte Inulin, Dextrin, die verschiedenen Zuckerarten (Traubenzucker, Fruchtzucker, Rohrzucker, Milchzucker u. a.). Aus dem Tierreich kommen neben Traubenzucker und Milchzucker noch in Betracht der Muskelzucker (Inosit) und das der Stärke nahestehende, in der Leber reichlich enthaltene Glykogen.

Die in den Pflanzen so vielfach vorkommende Cellulose, welche ihrer Zusammensetzung nach gleichfalls zu den Kohlehydraten gehört, kann vom Menschen nur in sehr geringem Grade verdaut werden. Wenn wir sie deshalb zu den Nahrungsstoffen dieser Gruppe rechnen, so ist doch zu bemerken, dass ihre Anwesenheit in der Nahrung häufig weniger nützt als schadet, indem sie der Verdauung andrer, von ihr eingeschlossenen Nahrungsstoffe hinderlich ist. Nur ganz junge Cellulose scheint leichter verdaut werden zu können, weshalb junge, selbst unreife Früchte, junge Sprossen u. d. g. häufig genossen werden, die in älterem Zustande durchaus ungenießbar sind. Die Pflanzenfresser, in deren Darmkanal freilich die Speisen sehr viel länger verweilen, können viel größere Mengen von Cellulose wirklich verdauen und deshalb noch solche Kost ausnutzen, welche, wie z. B. Heu, für den Menschen vollkommen unbrauchbar ist.

Den Kohlehydraten nahe verwandt sind auch Pektin und Pektose, welche in Früchten und Wurzeln vorkommen. Das Pektin, welches beim Kochen, besonders bei Zusatz von Säuren aus Pektose entsteht, aber auch fertig gebildet in den Früchten vorhanden sein kann, ist die Ursache der Gallertbildung beim Einkochen pflanzlicher Stoffe.

Wasser, Salze, Gewürze.

239. Alle bisher besprochenen Nahrungsstoffe sind organischer Natur. Als unorganische Nahrungstoffe pflegt man von ihnen zu unterscheiden das Wasser und gewisse Salze.

Wasser müssen wir in der Nahrung stets aufnehmen, weil der Körper fortwährend Wasser abgibt, das ersetzt werden muss. Wir nehmen es als Trinkwasser auf oder in Form vom Bier, Wein und andern Getränken, oder endlich mit den organischen Nahrungsstoffen, da wir diese niemals im trocknen Zustand genießen. Salze sind in der Mehrzahl der aus dem Tier- und Pflanzenreiche stammenden Speisen immer enthalten. Nur Kochsalz pflegen wir noch besonders hinzuzufügen. Obgleich dasselbe nicht weiter oxydirt werden, also auch nicht Wärme und Arbeit leisten kann, spielt es dennoch eine wichtige Rolle, indem es die Aufnahme der andern Stoffe erleichtert. Die Verdauungssekrete, welche die Aufnahme der an sich unlöslichen Nahrungstoffe erst ermöglichen, werden von den Ver-

dauungsdrüsen geliefert. Diese funktioniren aber nicht von selbst; sondern nur unter dem Einfluss des Nervensystems. Das den Speisen beigegebne Salz dient dazu, die Sekretion anzuregen, und die Ingesta besser zu verdauen. Vom Kochsalz hat man angenommen, dass es auch abgesehen von der eben besprochenen Wirkung unbedingt nötig zur Nahrung sei, und in der That kann man es auf die Dauer nicht entbehren. Selbst wenn man sich des Gebrauchs von Kochsalz enthält, nimmt man dennoch eine geringe Menge in der sonstigen Nahrung auf, und die Ausscheidung geht, wenn auch in geringem Grade fort. Dabei soll nach Einigen der Eiweißumsatz eine Steigerung erfahren. Welche Rolle das Kochsalz bei diesem Vorgang spielt, ist aber durchaus noch nicht aufgeklärt. Wahrscheinlich ändert es die Löslichkeits- und Diffusionsverhältnisse der Eiweißkörper. Außerdem dient es wohl auch zur Hergabe des Chlors bei der Absonderung der Chlorwasserstoffsäure im Magen.

Die sonstigen den tierischen und pflanzlichen, zur Nahrung dienenden, Stoffen beigemengten Salze, namentlich die phosphorsauren Erden und Alkalien hat Liebig als Nährsalze bezeichnet, weil er glaubte, dass sie einen besondern Nährwert haben. Es ist dies aber durch Nichts bewiesen. Ausnehmen müssen wir die Kalksalze, die beim Kinde immer in genügender Menge vorhanden sein müssen, damit das Knochenwachstum in gehöriger Weise vollzogen werden kann. Ähnlich wie das Kochsalz wirken auch andre, den Nahrungsstoffen zufällig oder absichtlich beigemischte Stoffe anregend auf die Absonderung der Verdauungssekrete, die Säuren, die Bitterstoffe, die ätherischen Öle des Senfs, der Petersilie, des Kümmels, des Pfeffers u. s. w. Man bezeichnet alle diese Stoffe als Gewürze. Dieselben tragen zwar wie die Genussmittel nichts zur Ernährung bei, sind aber doch, eben wegen ihrer verdauungsbefördernden Wirkung nicht nur nützlich, sondern sogar notwendig, damit die eigentlichen Nahrungsstoffe besser ausgenutzt werden können. Manche Stoffe, z. B. der Zucker, sind übrigens Gewürze und zugleich auch echte Nahrungsstoffe. Denn der Zucker wird im Organismus verbrannt und liefert Wärme und Arbeit.

Neunundzwanzigste Vorlesung.

Nahrungsmittel und Nahrung.

Nahrungsmittel. — Verdaulichkeit. — Berechnung des Nahrungsbedürfnisses. — Stoffwechselbilanz. — Stoffwechselgleichgewicht. — Notwendigkeit der Mischung von Nahrungsstoffen. — Kostmaß. — Wechsel der Kost.

Nahrungsmittel.

240. Die kurze Übersicht der Nahrungsstoffe in der vorigen Vorlesung hat uns gelehrt, welche Stoffe überhaupt zur Ernährung brauchbar bzw. notwendig sind. Diese Stoffe kommen aber im chemisch reinen Zustande niemals in der Natur vor. Sie sind in den Naturprodukten, welche wir zu unsrer Ernährung benutzen, teils miteinander teils auch mit ganz wertlosen Stoffen vermischt.

In vielen Fällen genießen wir die Naturprodukte in der Form, wie sie uns zugänglich sind, und überlassen es unsern Verdauungsapparaten, die in jenen enthaltenen Nahrungsstoffe zu extrahiren und zu verwerten (was übrigens meistens nur unvollkommen geschieht) und das Unbrauchbare mit dem Kot zu entleeren. In andern Fällen nehmen wir Prozeduren vor, welche darauf abzielen, ein besser verdauliches, an Nahrungsstoff reicheres Produkt zu gewinnen. Aber nur in sehr seltenen Fällen geht die Verarbeitung so weit, dass wir chemisch reine Substanzen herstellen, um sie zu genießen. Wir nennen nun dasjenige, was wir genießen, wenn es mindestens e i n e n Nahrungsstoff enthält und uns zur Ernährung dient, ein N a h r u n g s m i t t e l. Solche Nahrungsmittel sind z. B. Fleisch, Mehl, Milch, Gemüse. Sie sind in ihrer Zusammensetzung sehr wechselnd und enthalten entweder einen oder mehrere wertvolle Stoffe neben wertloseren. Alle unsre Nahrungsmittel enthalten übrigens mehr oder weniger reichlich Wasser. Dieses ist zwar, wie wir gesehen haben, auch ein Nahrungsstoff, welchen wir notwendig gebrauchen; aber da wir es uns in der Regel auch auf andern Wege in reicher Menge verschaffen können, so muss es bei der Wertschätzung der Nahrungsmittel als nebensächlich betrachtet werden.

Man hat Tabellen zusammengestellt, welche genau angeben, wie viel ein jedes Nahrungsmittel von den Nahrungsstoffen der einzelnen Gruppen enthält. Anschaulicher noch als Tabellen sind farbige Diagramme, in denen für die wichtigsten Nahrungsmittel die Mengen der

Nahrungsstoffe durch die Längen von Linien dargestellt sind. Eine solche, sehr zuverlässige Tafel, von Prof. König in Münster entworfen, habe ich hier ausgehängt [1]).

241. Abgesehen von der chemischen Zusammensetzung eines Nahrungsmittels kommt noch in Betracht seine Verdaulichkeit. Diese hängt ab von verschiedenen Umständen. Manchmal sind nämlich die eigentlichen Nährstoffe eingeschlossen in eine Hülle, wie die pflanzlichen in die Cellulosemembran, oder das Fleisch in die Sarkolemmahülle. Diese Hüllen sind häufig ein großes Hindernis für die Ausnutzung, so dass, wenn wir eine gewisse Menge genießen, wir nicht sagen können, dass sie ganz zur Verwertung kommt. Das hängt überdies nicht bloß von der ursprünglichen Beschaffenheit, sondern auch von der Zubereitung ab. Eine sehr bedeutsame Einwirkung der Hitze ist es gerade, dass sie die Hüllen sprengt und leichter löslich macht, dass die Teilchen auseinander fallen und den Verdauungssekreten leichter Zutritt gewähren. Die Verdaulichkeit lässt sich nicht genau in Zahlen ausdrücken, sondern ist je nach der Behandlung verschieden. Einigermaßen kann man aber doch auf Grund von Versuchen und Beobachtungen an Menschen und Tieren von den wichtigern Nahrungsmitteln sagen, wie viel in Prozenten der in ihnen enthaltenen Nahrungsstoffe verwertet zu werden pflegt und wie viel verloren geht. Verdaulichkeit.

Bei der Beurteilung eines Nahrungsmittels ist dann ferner noch der Kostenpreis zu berücksichtigen. Wir können uns eine gewisse Menge N verschaffen durch tierische Nahrungsmittel oder durch Pflanzenkost z. B. in Gestalt der N-reichen Leguminosen. Es wird sich dann fragen, was ist teurer, die hierzu nötige Menge Fleisch oder Erbsen? Und dann ist noch zu fragen, wie groß ist die Menge, die wir von jedem dieser Nahrungsmittel genießen müssen, um den Stickstoffbedarf zu decken, und endlich, wie viel von dem so der Ernährung gebotenen N kommt wirklich zur Resorption. Wenn wir finden, dass von einer Substanz eine gewisse Menge notwendig ist, so ist es klar, dass wenn wir uns von geringhaltigeren Stoffen nähren, wir größere Mengen kaufen, essen und verdauen müssen, um unsern N-Bedarf zu decken. Wenn wir uns von Kartoffeln allein ernähren wollten, so müssten wir bei dem geringen N-Gehalt derselben sehr große Mengen

---

[1]) Prozentische Zusammensetzung und Nährgeldwert der menschlichen Nahrungsmittel (nebst Kostrationen und Verdaulichkeit einiger Nahrungsmittel) graphisch dargestellt von Prof. Dr. J. König, Münster i. W. Verlag von Julius Springer, Berlin.

genießen. Aber durch Mischung von Nahrungsmitteln können wir das Ideal erreichen, in einem möglichst kleinen Quantum sämtliche nötigen Nahrungsstoffe in genügender Menge aufzunehmen in möglichst verdaulicher Form und für möglichst wenig Geld. Da die Kartoffel arm an N ist, dagegen reich an Kohlehydraten, Stockfisch aber im Gegenteil reich an N ist, so würde es z. B. möglich sein, ein Gemisch aus beiden zu machen, welches gerade soviel N und C enthält, als zur Ernährung ausreicht. Eine solche Mischung, die das Ernährungsbedürfnis deckt, nennen wir Nahrung.

Berechnung des Nahrungsbedürfnisses.

242. Eine richtig zusammengesetzte Nahrung muss nicht nur für kurze Zeit sondern auch für längere Dauer die Ernährung so vollständig bewirken, dass der Mensch dabei gesund und in jeder Beziehung leistungsfähig bleibt. Die Gesundheitspflege hat zu untersuchen, wie viel wir von den einzelnen Stoffen bedürfen und wie wir eine rechte Nahrung zusammensetzen können. Um das Bedürfnis kennen zu lernen, gibt es zwei Wege. Wir können eine Anzahl von Menschen aufsuchen, von denen wir sehen, dass sie kräftig, gesund, leistungsfähig sind, und können untersuchen, wie diese sich ernähren. Es ist anzunehmen, dass wenn auch kleine Unterschiede stattfinden, doch bei einer größern Zahl solcher Untersuchungen eine gewisse Übereinstimmung sich herausstellen wird. Ganz zuverlässig ist eine so gewonnene Kenntnis allerdings nicht. Es kann sein, dass gewisse Vorurteile zu viel von einem Stoff genießen lassen, und daraus könnten wir einen falschen Schluss ziehen. In der That kommt bei vielen Menschen derartige Luxuskonsumption vor. Es gibt Menschen, welche an N-haltiger Nahrung mehr genießen, als nötig ist. Andre gesunde Leute nehmen weniger zu sich und bestehen doch gut dabei. Noch mehr gilt das von andren Stoffen z. B. vom Wasser. Manche nehmen ganz geringe Mengen von Flüssigkeiten ein in Form von Getränken und beschränken sich fast ausschließlich auf das Wasser, welches eingeschlossen ist in den Nahrungsmitteln, während andre es für nötig halten, 4—5 l täglich oder gar noch mehr zu sich zu nehmen. Gerade die Wasserabgabe schwankt aber auch sehr und damit natürlich auch das Bedürfnis des Wiederersatzes.

Der zweite Weg, den wir einschlagen können, ist der, zu untersuchen, was ausgeschieden wird bei gesundem Organismus. Daraus können wir einen Rückschluss ziehen auf das, was ersetzt werden muss. Freilich sind die Ausscheidungen chemisch anders beschaffen, als die Aufnahmen, aber die Quantität der einzelnen Elemente muss dieselbe sein. Handelt es sich z. B. um die Festellung des Bedürf-

nisses an N, so wissen wir, dass derselbe ausgeschieden wird hauptsächlich in der Form des Harnstoffs. Wenn wir also die Menge desselben in den Ausscheidungen untersuchen, so können wir berechnen, wie viel N wir in Form von Eiweiß aufnehmen müssen, um den Körper auf seinem Bestand zu erhalten. Dasselbe gilt von der Ausscheidung des Wassers und der Kohlensäure.

243. Aus Harnstoff, Wasser, Kohlensäure und Salzen setzen sich, wenn wir von geringen Mengen andrer Stoffe absehen, alle Ausscheidungen zusammen. In diese teilen sich drei Organe: Haut, Lungen, Nieren. Harnstoff und Salze werden durch die Nieren in großer Menge, durch Haut und Lunge in Spuren abgeschieden; Kohlensäure in erster Linie durch die Lunge, in etwas geringerer Menge durch den Harn, der stets absorbirte Kohlensäure enthält, und in geringsten Mengen durch die Haut; Wasser am meisten durch die Haut, etwas weniger durch die Nieren und am wenigsten durch die Lungen. Die drei Ausscheidungsorgane sind also nicht qualitativ, sondern nur quantitativ verschieden. Zählen wir nun zusammen, was wir an Harnstoff, Kohlensäure, Wasser und Salzen ausscheiden, so würde dadurch die gesamte Menge der Ausgaben sich ergeben. Wir können diese Ausgaben buchen, ihnen die Einnahmen gegenüberstellen und eine Bilanz aufmachen. Wenn wir Ausgaben und Einnahmen auf die Grundstoffe umrechnen, so werden die einzelnen Posten entweder gleich oder ungleich sein. Sind sie gleich, dann kann sich im Zustand des Körpers innerhalb der Beobachtungsperiode nichts geändert haben; sind die Ausgaben größer, so muss er abgenommen haben. Wäre trotzdem das Gewicht dasselbe geblieben, so müsste, wenn Mangel an N da ist, dieser durch andre Stoffe gedeckt sein. Nun gibt es Fälle, in denen wirklich ein Mensch sich in solchem Gleichgewicht befindet. Dies ist freilich kein absolutes, denn die Ausgaben gehen fortwährend vor sich, dagegen die Einnahmen erfolgen nur zeitweise. Wenn wir einen Menschen auf eine empfindliche Wage setzen und sein Gewicht stetig beobachten würden, so würde sich zeigen, dass dieses nach jeder Mahlzeit zunimmt, in den Pausen aber allmählich und stetig abnimmt. Es genügt aber für unsre Zwecke vollkommen, wenn wir die Gewichtsbestimmungen periodisch vornehmen. Denn wenn am Anfang und Schluss der Periode die Gewichte gleich geblieben sind, so können wir sagen, innerhalb dieser Zeit sind eine gewisse Anzahl von Stoffen ausgeschieden worden, denen die Einnahmen entsprechen müssen.

Stoffwechselbilanz.

Zu den Einnahmen an Nahrungsmitteln müssen wir natürlich, wenn die Bilanz stimmen soll, noch hinzurechnen den mit der Atmung

aufgenommenen Sauerstoff; ebenso in Abzug bringen von der Menge der aufgenommenen Nahrung die Fäkalien, die nicht zur Verwertung gekommen sind. Letztere enthalten aber auch Stoffe, die nicht in der Nahrung enthalten waren, sondern aus dem Organismus selber stammen, Teile der Galle, abgestoßene Epithelien etc.

Stoffwechselgleichgewicht.

244. Versucht man auf diese Weise eine Stoffwechselbilanz aufzustellen, so ergibt sich eine neue Schwierigkeit. Die Mengen des ausgeschiedenen Stickstoffs und Kohlenstoffs (denn auf diese beiden Elemente kommt es beim Ersatz durch die Nahrung hauptsächlich an) sind nicht konstant, hängen selbst wieder von der Menge und Beschaffenheit der Nahrung ab. Nur wenn letztere längere Zeit gleich bleibt, stellt sich ein wirklicher Gleichgewichtszustand her, bei dem Einnahmen und Ausgaben vollkommen gleich und folglich auch das Körpergewicht unverändert bleibt. Sucht man nun die kleinsten Mengen der einzelnen Nahrungsstoffe auf, bei denen ein solches Gleichgewicht auf die Dauer bestehen kann und der Körper gesund und leistungsfähig bleibt, so ergibt sich folgendes: Ein erwachsener, gesunder Mensch gibt in diesem Falle aus innerhalb 24 Stunden ungefähr 20 g Stickstoff und 250 g Kohlenstoff; letzterer steigert sich bei anstrengender Arbeit auf etwa 350 g, während die Stickstoffausscheidung durch diese nur wenig vermehrt wird.

So viel muss also durch die Nahrung zugeführt werden. Auf die andern Stoffe brauchen wir weniger Rücksicht zu nehmen. Sauerstoff, Wasser und Salze stehen uns wohl immer in genügender Menge zur Verfügung, und die Nahrungsmittel, die wir aufnehmen, Eiweißkörper, Fett, Kohlehydrate, enthalten reichlich Wasserstoff.

Notwendigkeit der Mischung von Nahrungsstoffen.

245. Wenn wir nun fragen, wie viel Eiweißkörper sind nötig, um 20 g N zu liefern, so bekommen wir 130 g Eiweißkörper. Diese oder statt ihrer teilweise Leim sind es, welche unsern N-bedarf decken könnnen. Was den C anlangt, so wissen wir, dass die Eiweißkörper schon etwas desselben enthalten, denn sie sind aus N, C, H, O, P, S, zusammengesetzt. Wollten wir aber die ganze Menge von C in Gestalt von Eiweißkörpern aufnehmen, so würden wir mehr als 125 g brauchen, ungefähr das vierfache; dann würden wir aber einen Überschuss an N haben. Es ist daher rationell, für die Berechnung der nötigen Eiweißkörper nur den N-Gehalt zum Maßstab zu nehmen und den C-Bedarf auf andre Weise zu decken. Dazu bieten sich die Fette und Kohlehydrate. Da diese C-reicher sind, so bedürfen wir geringerer Mengen. Aber durch Fett allein wird der C-Bedarf nicht gut gedeckt, denn jeder Mensch kann nur eine gewisse Menge Fett vertragen; genießt

er mehr, so geht eine große Menge desselben unverdaut ab, ja große Fettmengen bewirken Diarrhöen und vermehrte Peristaltik, so dass auch ein Teil der Eiweißkörper unverdaut verloren geht. Daher kann Fett nur innerhalb gewisser Grenzen genossen werden. Es kommen dabei große Unterschiede vor, je nach der Gewohnheit und dem Zustand der Verdauungsorgane, aber eine Grenze der möglichen Aufnahme gibt es bei jedem Menschen.

Wenden wir uns zu den Kohlehydraten, so zeigt sich etwas ähnliches. Die Aufnahmefähigkeit des Darms für dieselben hat eine Grenze. Das liegt daran, dass die Mehrzahl von ihnen nicht eigentlich löslich sind. Die Stärkearten, welche einen großen Teil der genossenen Kohlehydrate liefern, geben, im Wasser aufquellend, einen Brei, von dem man nicht allzuviel genießen kann, weil sie sehr schnell einen gewissen Überdruss verursachen. Zwingt man sich eine größere Menge zu genießen, so wird nicht alle Stärke verdaut. Wendet man sich aber zu den leicht löslichen Kohlehydraten, den Zuckerarten, so zeigt sich, dass diese leicht in den nötigen Mengen genossen werden können, um den C-Bedarf zu decken; aber auch diese können nicht auf die Dauer genossen werden, ohne Störungen zu verursachen. Zucker ist ein außerordentlich nützlicher Zusatz zu Speisen. Er wirkt, wie wir gesehen haben, als Gewürz, und ist dabei doch sehr nahrhaft; aber er kann trotzdem nicht allein den C-Bedarf decken; denn bei starkem Genuss bekommt man leicht Darmkatarrh. So bleibt nichts anders übrig als eine Mischung von Eiweißkörpern, Fetten und Kohlehydraten, wobei man von den erstern jedenfalls so viel genießen muss, dass der Stickstoffbedarf des Organismus gedeckt wird, während man unter den beiden andern Gruppen die Mischung verschieden machen und in dem Mischungsverhältnis abwechseln kann. Im Durchschnitt können wir annehmen, dass wenn wir von den Kohlehydraten täglich 350 g genießen und dazu 80 g Fett, dass dann diese zusammen mit dem C, der schon in den Eiweißkörpern enthalten ist, die nötige Menge von 250 g C enthält.

Die Ausscheidung des Wassers schwankt ungemein. 2300 g täglich mögen etwa bei einem erwachsenen Manne dem Mittelwert entsprechen. Als eigentliches Getränk aufzunehmen brauchen wir aber lange nicht so viel, weil alle genossenen Nahrungsmittel schon Wasser enthalten. Die Menge der ausgeschiedenen Salze beträgt im Durchschnitt 30 g. Hauptsächlich ist es Kochsalz. Die wenigen andern Salze, welche mit dem Harn ausgeschieden werden, sind teils im Wasser, teils in den pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln,

welche wir genießen, in genügender Menge enthalten, so dass wir für ihre Beschaffung nicht besondre Sorge zu tragen haben.

Kostmaß. **246.** Die berechneten Mengen von 125 g Eiweiß, 350 g Kohlehydrate und 80 g Fett können durch die uns zur Verfügung stehenden Nahrungsmittel auf die verschiedenste Weise beschafft werden. Um die 20 g Stickstoff aufzunehmen, müssten wir z. B. genießen:

Käse	280 g
Erbsen	600 „
Mageres Fleisch	600 „
Eier	1000 „
Schwarzbrod	1500 „
Milch	3000 „
Kartoffeln	5000 „
Bier	17000 „

Um die nötigen 350 g Kohlenstoff zu liefern, würden erforderlich sein:

Speck	400 g
Weizenmehl	800 „
Erbsen	900 „
Schwarzbrod	1250 „
Mageres Fleisch	2500 „
Kartoffeln	3000 „
Bier	13000 „

Von Schwarzbrod allein könnte sich also ein Mensch nähren, wenn er etwa 1500 g täglich essen würde. Man sieht aber schon aus obigen Zahlen, dass wir viel leichter zum Ziele kommen durch eine Mischung verschiedener Nahrungsmittel. Als ein Beispiel möge folgende Zusammenstellung dienen:

Mageres Rindfleisch	325 g
Milch	450 „
Brod	400 „
Kartoffeln	200 „
Butter und andres Fett	40 „
Salz	25 „
Wasser	1560 „
Summe:	3000 „

Wie ersichtlich, reicht der Genuss von 325 g Fleisch nicht aus, um den Eiweißbedarf zu decken, da sie nicht genug Eiweiß enthalten. So müssen wir uns nach andern Stoffen umsehen, welche noch Eiweiß liefern. Unter diesen ist besonders die Milch hervor-

zuheben. Wir können sie als Getränk genießen oder als Zugabe zu andern Speisen. Wenn wir ca. 450 g Milch genießen, so würde uns das einen großen Teil des fehlenden Eiweißes liefern, aber immer noch nicht genug. Nun haben wir noch ein drittes Nahrungsmittel, das Brod, das auch etwas Eiweiß enthält. Nehmen wir von diesem 420 g, so wird der ganze Bedarf gedeckt sein.

Wenn wir diese drei Mittel genießen, haben wir zugleich einen Teil des Bedarfs an Fett und Kohlehydrat gedeckt, aber nicht das Ganze. Denn wir brauchen 80 g Fett; was noch fehlt, wird etwa durch 40 g Butter ersetzt werden können. Nun handelt es sich noch um die Ergänzung des Bedarfs an Kohlehydraten und hierzu könnten wir Kartoffeln wählen und bedürften dazu 200 g. All dieses enthält schon große Mengen von Wasser und es ist dadurch ein großer Teil des Bedarfs von 2300 g gedeckt, so dass wir rund noch 1500 g gebrauchen, die wir als Suppe, Kaffee, Trinkwasser etc. genießen können.

247 Ein derartiges Kostmaß können wir zu Grunde legen bei den Berechnungen, wenn es sich darum handelt die Kost zu regeln bei Leuten, denen sie zugemessen wird, wie auf Schiffen, in Kasernen, Gefangenhäusern etc. Solche Nahrung, die so rechnungsmäßig eingerichtet ist, würde aber, wenn sie Tag für Tag genossen würde, ihre Schuldigkeit nicht thun. Es zeigt sich nämlich gerade bei Gefangenen, dass auch bei genügend bemessenem Gehalt der Nahrung an den einzelnen Stoffen auf die Dauer kein Mensch bestehen kann, weil sich ein Widerwillen gegen die Aufnahme der Nahrung einstellt. Gewöhnlich nimmt man an, dass eine Krankheit das primäre und die Appetitlosigkeit das sekundäre sei; aber der wahre Grund ist der Mangel an Abwechselung in der Nahrung, wodurch die Verdauungsdrüsen nicht mehr genügend zur Sekretion gereizt werden. Es ist gerade die Kunst der guten Küche, dass sie durch richtige Abwechselung den Gaumen anzuregen versteht. Und dass dieser Wechsel nicht geboten wird, nicht bloß bei Gefangenen, sondern auch in Speisehäusern, ist hauptsächlich der Grund, warum derartige Nahrung so häufig „nicht bekommt.“ Zu der für die Verdauung so notwendigen Anregung der Drüsenthätigkeit genügt der Zusatz der Gewürze allein nicht; eine gewisse Abwechselung und Mannigfaltigkeit in der Zubereitung der Speisen ist dazu unbedingt notwendig. An den Reiz eines jeden einzelnen Gewürzes scheinen sich die Nerven sehr schnell zu gewöhnen. Dies geht schon aus der Beobachtung hervor, dass Senf und ähnliche Stoffe anfänglich sehr stark reizen, bei einiger Gewöhnung aber in

Wechsel der Kost.

viel größeren Mengen genossen werden müssen, um zu wirken. Nur Kochsalz scheint hiervon eine Ausnahme zu machen, da es fast das ganze Leben hindurch in nahezu gleichem Maße genossen werden kann, ohne die Nerven abzustumpfen. Kochsalz kann daher als Normalgewürz angesehen werden. Die Menge Kochsalz, welche gebraucht wird, hängt wohl sehr von der Gewohnheit ab; sicher aber muss um so viel mehr aufgenommen werden, je schwerer ausnutzbar die Nahrung ist, z. B. mehr bei überwiegend nahrungsstoffarmer Kost als bei guter, leicht verdaulicher Nahrung. Es folgt daraus, dass die Salzsteuer, obgleich an sich gering, doch gerade die ärmere Bevölkerung verhältnismäßig recht schwer belastet.

Dreissigste Vorlesung.

Verschiedene Ernährungsweisen.

Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe. — Arbeitsäquivalent derselben. — Ausscheidungen bei Ruhe und Arbeit. — Kost bei Arbeit. — Wichtigkeit der Fette. — Bedeutung der Salze. — Besondre Bedeutung des Kochsalzes. — Pflanzenkost und Tierkost. — Ernährung der Kinder, Greise und Kranken. — Fettleibigkeit.

248. Das in der vorigen Vorlesung berechnete Kostmaß kann nur als ein ungefährer Anhalt dienen, denn Körpergewicht, Ernährungszustand, Gewohnheit und viele andre Umstände machen, dass verschiedene Menschen sehr verschiedenes Nahrungsbedürfnis haben. Von praktischer Wichtigkeit ist aber insbesondre die Frage, welchen Einfluss auf das Nahrungsbedürfnis körperliche Arbeit hat. Diese Frage hängt innig zusammen mit der auch theoretisch hochinteressanten Frage nach der Quelle der Muskelkraft.

Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe.

Da die Muskeln hauptsächlich die Arbeit leisten müssen in Form der Bewegungen und da sie aus N-reichen Eiweißkörpern gebaut sind, schloss Liebig, dass die Muskelarbeit durch Verbrennung N-haltiger Eiweißstoffe zu Stande komme. Es ist ganz klar, dass N-haltige Stoffe, wenn sie verbrennen, ebensogut Wärme und Arbeit leisten können als N-freie Körper. Die Wärme, welche entsteht, wenn die Gewichtseinheit eines Stoffes verbrennt, nennt man ihr Wärmeäquivalent. Dies ist bestimmt worden dadurch, dass man innerhalb eines Kalorimeters eine gewisse Menge einer Substanz verbrannt hat und untersuchte, um wie viel das Wasser in dem Kalorimeter erwärmt wurde. Man fand für 1 Gewichtsteil C 8000 Kalorieen; für H 24000 Kalorieen. Schwieriger ist die Bestimmung des Wärmeäquivalents für solche Stoffe, welche nicht gut verbrennen, z. B. Eiweiß. Man muss dann häufig künstliche Methoden anwenden. Deshalb hat man versucht, die Wärmebildung der zusammengesetzten Körper aus den Verbrennungsäquivalenten ihrer elementaren Bestandteile zu berechnen, wobei man annahm, die produzirte Wärme wäre gleich der, welche durch die Verbrennung der Bestandteile entstanden wäre, wenn diese frei gewesen wären. Die Erfahrung lehrt aber, dass die wirklich produzirte Wärmemenge geringer ist, als nach dieser Vorstellung enstehen sollte. Das ist auch natürlich, denn der Körper ist ja nicht

ein Gemenge seiner Elemente, sondern eine chemische Verbindung, aus der sich die einzelnen Bestandteile erst loslösen müssen, ehe sie die neue Verbindung mit Sauerstoff eingehen. Zu einer solchen Zerreißung wird Arbeit oder, was dasselbe ist, Wärme verbraucht. Es muss also die Verbrennungswärme des komplizirten Körpers, um so viel, als zur Lockerung des schon vorhandenen chemischen Bestandes erforderlich war, geringer ausfallen, als die Verbrennungswärme der einzelnen Bestandteile zusammenaddirt.

Arbeitsäquivalent derselben. **249.** Wenn wir die Verbrennungswärme der hauptsächlichsten Nahrungsstoffe kennen, so können wir auch berechnen, wieviel Wärme auf Kosten der aufgenommenen Nahrung ein Mensch in einer bestimmten Zeit produziren kann. Dabei ist aber noch folgendes zu beachten. Fette und Kohlehydrate werden im Körper vollständig bis zu ihren Endprodukten verbrannt. Sie verlassen denselben in Form von CO_2 und H_2O. Die Eiweißkörper dagegen verlassen den Körper in der Form des Harnstoffs und ähnlicher Verbindungen. Harnstoff ist aber selbst noch brennbar; wenn er auch sauerstoffreicher ist als das Eiweiß, aus dem er entstanden ist, so ist das Eiweiß bei seinem Übergang in Harnstoff immerhin doch noch nicht vollständig verbrannt. Um deshalb die Wärme zu finden, welche bei der Umwandlung von Eiweiß in Harnstoff produzirt wird, haben wir von der Verbrennungswärme des Eiweißes abzuziehen die Verbrennungswärme der entsprechenden, aus dem Eiweiß entstandenen Harnstoffmenge. Die Verbrennungswärme des Eiweiß ist in runder Zahl 5000; bei der physiologischen Verbrennung zu Harnstoff werden aber nur etwa 4200 Kalorieen von 1 kg Eiweiß produzirt.

Bei den im Organismus vor sich gehenden Verbrennungen tritt die Wärme zum Teil als solche, zum Teil als mechanische Arbeit auf. Da wir das mechanische Äquivalent der Wärme d. h. das Verhältnis beider kennen, so können wir auch leicht berechnen, wie viel Arbeit durch Verbrennung von 1 kg Eiweiß oder Fett oder eines sonstigen Stoffes geleistet werden kann. Da 1 Kalorie 424 Arbeitseinheiten äquivalent ist, so können durch Verbrennung von 1 kg Eiweiß geleistet werden $424 \cdot 4200$ Arbeitseinheiten d. h. eine Arbeit, welche 1 780 800 kg 1 m hoch hebt. Da nun ein erwachsener Mensch in 24 Stunden (reichlich gerechnet) etwa 130 g Eiweiß verbrennt, d. h. in Harnstoff und ähnliche Endprodukte umsetzt, so würde er damit etwas über 230000 Arbeitseinheiten leisten können.

Zu diesen kommen natürlich noch die Arbeitsmengen, welche durch Verbrennung stickstofffreier Stoffe erzeugt werden, die aber

hier nicht in Betracht kommen, weil wir nur die Frage erörtern, wie viel die Eiweißkörper zur Arbeitsleistung beitragen.

Nur ein Teil der durch die Verbrennung frei werdenden Energie tritt als mechanische Arbeit auf, der größere Teil in Form von Wärme, welche den Körper auf der Temperatur von etwa 38° erhält, während fortwährend große Mengen von Wärme an die Außenwelt abgegeben werden. Die mechanische Arbeit, welche von den Muskeln verrichtet wird, zerfällt in solche, welche beständig während des Lebens, wenn auch mit wechselnder Energie, geleistet wird: Arbeit des Herzens, des Atemapparats, des Darmkanals u. s. w., und in nur zeitweise erscheinende äußere Arbeit: Bewegung von Lasten, Ortsbewegung des Körpers. Da die erstere oder innere Arbeit fortwährend vor sich geht, so können wir nur den Unterschied zwischen diesem Zustand, welchen wir als Ruhe bezeichnen, und demjenigen, der durch das Hinzutreten der äußern Arbeit bedingt ist, der Untersuchung unterwerfen.

250. Die Frage spitzt sich demnach darauf zu, festzustellen, welche Umsetzungen im Organismus während der Ruhe und während der Arbeit erfolgen. Da wir aber auf diese Umsetzungen nur aus den Ausscheidungen Schlüsse ziehen können, so handelt es sich darum, ob durch die Arbeit die Ausscheidung des Harnstoffs zunimmt und ob der aus dieser Zunahme berechnete Eiweißumsatz ausreicht, die Arbeitsleistung zu erklären.

Ausscheidungen bei Ruhe und Arbeit.

Solche Untersuchungen sind vielfach angestellt worden. Unter andern haben die Herren Fick und Wislicenus an sich selbst die Harnstoffausscheidung bestimmt, während des Ruhezustands und während der Besteigung des Faulhorns. Während der ganzen Versuchszeit genossen sie nur stickstofffreie Kost, so dass also die N-Ausscheidung nur auf Kosten der Eiweißkörper in den Geweben stattfinden konnte. Wenn nun die ganze Arbeit, welche geleistet wird, und in dem angegebenen Fall leicht berechnet werden kann aus dem Körpergewicht des Mannes und der Höhe des Berges, betrachtet wird, so finden wir, dass die Zunahme der N-Ausscheidung sehr gering ist und ganz unzureichend, die Arbeitsleistung zu erklären. Dasselbe wurde auch in vielen andern Versuchen gefunden. Dagegen ist es ganz sicher, dass durch Arbeit die Menge der ausgeschiedenen CO_2 erheblich vermehrt wird. Und daraus folgt, dass die Arbeit ganz oder doch zum größten Teil geleistet wird auf Kosten N-freier Materie.

Daraus ergibt sich aber eine wichtige Folgerung: Handarbeiter

müssen sich offenbar anders nähren, als solche die still sitzen; sie müssen um so mehr essen, je größer die von ihnen zu leistende mechanische Arbeit ist. Während man aber früher annahm, dass Arbeiter mehr eiweißreiche Kost z. B. Fleisch genießen müssen, so ist jetzt erwiesen, dass die Eiweißkost nicht über das Normalmaß hinauszugehen braucht, wenn nur außerdem eine genügende Menge von N-freier Nahrung zugeführt wird. Man hat als Beweis für die frühere Annahme, dass die Muskelarbeit mit der Fleischkost wächst, angeführt, dass die Engländer, welche viel Fleisch essen, auch kräftiger seien als die Franzosen oder Deutschen, die weniger davon genießen. Aber selbst, wenn wir die Voraussetzung zugeben, ist die daraus gezogene Folgerung durchaus nicht richtig. Die Engländer essen allerdings im Durchschnitt mehr Fleisch, aber auch mehr Brod und andre stickstofffreie Speisen, sie essen überhaupt stärker. Ferner hat man angeführt den Unterschied zwischen wilden fleischfressenden und zahmen pflanzenfressenden Tieren, die ungeheure Muskelkraft des Löwen, mit der er die größten Sprünge vollführt, und den Ochsen, der diese Muskelkraft nicht entwickeln kann, weil er sich von Heu nährt. Auch dieser Vergleich ist falsch, denn, wenn man die ganze Summe von Kraftleistungen in Betracht zieht, deren beide fähig sind, so würde der Vergleich entschieden zu Gunsten des Ochsen ausfallen. Würde man den Löwen in einen Pflug spannen, so würde er gewiss bald ermüden. Man kann die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit dieser Tiere durch einen Vergleich veranschaulichen: Es gibt Maschinen derselben Art, welche doch in ganz verschiedener Weise Arbeit leisten. Vergleicht man eine Schnellzuglokomotive mit der Güterzuglokomitive, so werden beide bei gleicher Heizung gleich viel Arbeit leisten, aber in verschiedner Art. Die Schnellzuglokomotive hat große Räder; sie geht schnell vorwärts und legt einen großen Weg in kurzer Zeit zurück; aber sie würde versagen, wenn man ihr einen Güterzug anhängen würde. Die Güterzuglokomotive hat kleine Räder, geht langsam, aber sie kann eine große Last bewegen. Der Löwe, das Analogon der Schnellzuglokomotive in dem Beispiel, muss, damit er große Sprünge ausführen kann, mächtige Muskeln haben; der Ochs kann nicht solche einzelne Kraftleistungen vollführen, aber im ganzen eine viel größere Summe von Arbeit, wenngleich langsamer, zu Stande bringen.

Kost bei Arbeit. 251. Die Handarbeiter also, welche vorzugsweise körperlich viel Arbeit leisten, müssen auch so viel N in ihrer Nahrung erhalten, dass ihr N-Verbrauch gedeckt ist, aber dazu noch ein Plus von Fett

und stärkeartiger Substanz. Dass größere Muskelarbeit in der That bei einer nicht gerade übermäßig N-reichen Kost geleistet werden kann, dafür sprechen eine Reihe gut beobachteter Thatsachen. Wenn wir Leute, die außerordentlich starke und anhaltende Arbeit zu leisten vermögen, z. B. Gemsjäger, fragen, wie sie sich nähren, so erfahren wir, dass sie in ihrer Jagdtasche ein Stück Speck und ein Stück Zucker mitnehmen. Wenn sie recht müde sind, nehmen sie den Zucker in den Mund. Dieser enthält keinen N, aber geht wegen seiner Löslichkeit schnell in die Körpersäfte über und kann daher bald seine Wirkung äußern. Der Speck wirkt in derselben Richtung und noch nachhaltiger. Ferner können wir genaue Studien machen an den Holzarbeitern im bayrisch-tyroler Gebirge. Diese können in ihrer Lebensweise ganz genau kontrolirt werden, weil sie Montag früh mit ihrer Wochenration in den Wald ziehen und bis Samstag Abend bleiben. Solche Leute sind sehr kräftig und einige von ihnen leisten Erstaunliches. Diese essen nicht etwa viel Fleisch; das bekommen sie höchstens am Sonntag. Sie nähren sich die ganze Woche von Mehl und Schmalz. Höchstens wenn die Jahreszeit es bietet, fügen sie wilde Äpfel den Schmarren bei, welche sie tagein tagaus genießen. Ihr Mehl enthält freilich Eiweißkörper, aber doch nicht so viel, dass man daraus ihre große Leistungsfähigkeit ableiten könnte. Die Leute trinken auch kein Bier, außer am Samstag oder Sonntag, dann freilich in erheblichen Massen. Und das beweist, dass der Biergenuss auch nicht gerade zur Arbeitsfähigkeit notwendig ist. Wenn wir also alles zusammenfassen, gelangen wir zu dem Schluss, dass die Nahrung aus Eiweißkörpern und stickstofffreien Stoffen zusammengesetzt sein muss, dass aber, wenn größere Arbeit geleistet werden soll, der C-Gehalt der Nahrung gesteigert werden muss, der N-Gehalt dagegen nicht oder doch nur in geringem Maße.

Die Maschine, welche die Arbeit im Körper leistet, ist eine sehr leicht abnutzbare und muss deshalb immer reparirt werden. Es wird deshalb bei größerer Arbeit auch etwas mehr von der eigentlichen Muskelsubstanz verbraucht. Zum Ersatz derselben brauchen wir etwas mehr Eiweißkörper. Die Arbeitsleistung selbst aber vollzieht sich nicht durch die Oxydation der Maschinenteile, sondern des Brennmaterials, welches in jedem Augenblick innerhalb der Maschine sich befindet und in dem Maße, wie es verbraucht wird, durch neue Zufuhr ergänzt werden muss. Und dieses Brennmaterial kann offenbar zweckmäßiger durch N-freie Nahrungsstoffe geliefert werden.

Wichtigkeit der Fette.

252. Unter den N-freien Stoffen eignen sich dazu am allermeisten die Fette, da sie von allen Nahrungsstoffen die größte Verbrennungswärme haben. Es ist deshalb ein wichtiges Erfordernis, namentlich für solche, die schwere Körperarbeit zu verrichten haben, dass sie sich die genügende Menge von Fett zu ihrer täglichen Nahrung zu verschaffen im Stande sind. Und das ist nicht immer leicht, denn Fett gehört neben den Eiweißkörpern zu den teuersten Nahrungsstoffen.

Wir gewinnen Fett zu Speisezwecken aus der Milch (Butter), den Fetten der Schlachttiere und als Speiseöle aus Pflanzen. Die letzteren sind dem Verderben (Ranzigwerden) ausgesetzt; Butter ist für einen größern Teil der Bevölkerung zu teuer.

Je dichter die Bevölkerung wird, desto schwieriger wird es, das Fett allen in genügender Menge zugänglich zu machen. Es muss daher als ein Segen betrachtet werden, dass auch durch Zufuhr von außen, besonders von amerikanischem Speck und Schweineschmalz die Ernährung der ärmern Leute wesentlich verbessert worden ist. Leider ist die Zufuhr des Specks jetzt vollkommen abgeschnitten durch ein Einfuhrverbot, welches der Bundesrat erließ aus Furcht, es könnten Trichinen mit eingeschleppt werden. Noch nie aber hat ein Mensch eine Trichinenerkrankung in Folge des Genusses solcher amerikanischer Ware beobachtet. Im eigentlichen Fettgewebe sitzen Trichinen niemals; wohl aber können sie in den Muskeln des sogenannten „durchwachsenen“ Specks oder in den amerikanischen Schinken vorkommen. Solche Ware müsste deshalb beim Eingang untersucht, und die trichinös befundene konfiszirt werden. Es ist aber zu bemerken, dass auch in den amerikanischen Schinken bis jetzt niemals eine lebende Trichine hat nachgewiesen werden können. Durch die starke Räucherung, welcher sie wegen des langen Transports ausgesetzt werden, ist eine sichere Tötung der Trichinen schon gegeben. Man hat in Paris absichtlich stark trichinösen amerikanischen Schinken an Tiere verfüttert und niemals eine Infektion beobachtet. Wir können deshalb das erlassene Einfuhrverbot nur bedauern, durch welches die Ernährung der ärmern Bevölkerung namentlich in den nordwestlichen Provinzen Deutschlands, wo diese billigen und guten Nahrungsmittel sich einer großen Beliebtheit erfreuten, einen schweren Schaden erlitten hat. Es hat auch nichts genutzt, dass in Amerika, besonders in Chicago, dem Hauptsitz der Schweineschlächterei, eine genaue hygienische Beaufsichtigung der Schlächtereien eingeführt worden ist; das Verbot ist noch nicht wieder aufgehoben worden.

Eine zweite Quelle billiger Herstellung von Speisefetten ist auf Anregung NAPOLEONS III. durch die Erfindung des Franzosen MÈGES-MOURIÈS gewonnen, welcher lehrte, aus dem früher nur zur Seifenfabrikation verwendeten Talg der Schlachttiere ein gutes, der Butter ähnliches Produkt herzustellen. Dasselbe wird jetzt unter dem Namen Kunstbutter in großen Mengen fabrikmäßig hergestellt, zu billigen Preisen verkauft und von solchen, denen echte Butter (Kuhbutter) zu teuer ist, gern genossen. Der Name Kunstbutter soll nichts weiter sagen, als dass sie statt Butter benutzt werden kann. Zur Herstellung derselben wird das Fettgewebe, in welchem das Fett in Zellen eingeschlossen ist, mechanisch zerkleinert, und von den Membranen getrennt, dann durch Pressen in einen schwer schmelzbaren Teil (Stearin) und einen bei 20—22° schmelzbaren (Oleomargarin) getrennt. Ersteres dient zur Kerzenfabrikation, letzteres als Speisefett. Das sogenannte Oleomargarin ist ein Gemenge von Palmitin, Stearin und Olein. Es unterscheidet sich von der Kuhbutter in seiner Zusammensetzung und seinem Nährwert fast gar nicht. Letztere enthält nur außer den genannten Fettarten noch etwa 8% Butyrin, Caproin, Caprin und Caprylin, welche in der Kunstbutter nur in Spuren vorkommen. Zuweilen wird dem Oleomargarin zur Verbesserung des Geschmacks noch etwas wirkliche Milch zugesetzt.

Gegen den Verkauf der Kunstbutter kann nicht das Geringste eingewandt werden, da sie weder ungesund noch minderwertig in ihrem Nährwert ist. Freilich kann man verlangen, dass sie nicht in betrügerischer Weise für Kuhbutter ausgegeben wird. Wenn zu diesem Zwecke durch das Gesetz gewisse Vorschriften gegeben werden, dass sie niemals in derselben Form in den Handel gebracht werden darf wie andre Butter, so ist das allerdings eine etwas zu weitgehende Sorgfalt. Es kann füglich dem Käufer überlassen werden, dass er sich vor Betrug schützt, und der Staat hat seine Schuldigkeit gethan, wenn er den Betrüger bestraft. Wir haben vielmehr alle Ursache, alles zu vermeiden, was es erschwert, gute und billige Nahrungsmittel jedermann zugänglich zu machen.

253. Wir wenden uns jetzt zur Besprechung der Frage, wie weit es begründet ist, dass gewissen Salzen für die Ernährung ein ganz hervorragender Nutzen zukommt. Wir wissen von der Pflanze, dass sie ohne Salze nicht wachsen kann. Lassen wir Samen in reinem ausgewaschenem Sand keimen, so entwickelt sich das Pflänzchen ganz normal, so lange der Nährstoffvorrat in den Kotyledonen reicht. Sind

Bedeutung der Salze.

die Blätter grün geworden, so können sie CO_2 aufnehmen, aus welcher der Kohlenstoff zum Aufbau der Eiweißkörper, Fette und Kohlehydrate abgeschieden wird. Trotzdem wird die Pflanze bald verkümmern. Wenn wir dagegen auf diesen Sand eine ganz verdünnte Lösung gewisser Salze (Kaliumnitrat, Chlornatrium, Calcium- und Magnesiumsulfat, Spuren von Eisensulfat) gießen, so wird die Pflanze weiter gedeihen und eine bedeutende Menge von Stoffen aufspeichern können. Jede Pflanze braucht von diesen Salzen nur wenig, aber bestimmte Mengen. Einzelne Pflanzen sind in dieser Beziehung sehr verschieden, die einen nehmen mehr Kaliumsalze auf, die andern (besonders die Meerpflanzen) mehr Natriumsalze; die meisten können nicht bestehen ohne verhältnismäßig größere Mengen Phosphorsäure, während andre weniger empfindlich gegen den Mangel an solcher sind. Die Nitrate können zum Teil durch Ammoniaksalze vertreten werden. Der Landmann weiß das; indem er den Boden untersuchen lässt, kann er einen Schluss daraus ziehen, welche Pflanzen auf demselben gedeihen können, und welche Stoffe er in Gestalt von Dünger zufügen muss, um von den anzubauenden Pflanzen eine gute Ernte zu erzielen. Ein Teil der in diesen Salzen durch die Wurzeln aufgenommenen Stoffe, namentlich der Stickstoff, Phosphor, Schwefel dienen zum Aufbau der in den Pflanzen entstehenden komplizirten Verbindungen (Eiweißkörper u. s. w.), einen andern Teil findet man unverändert in der Pflanzensubstanz, und wenn man diese verbrennt, in der Asche. Die quantitative Zusammensetzung der Asche ist verschieden nach den Pflanzen und den Pflanzenteilen. Wenn wir ein Gerstenkorn schälen, so finden wir in den äußern Schichten die phosphorsauren Alkalien reicher als in der Mitte. Dort werden sie beim Keimen aufgelöst und dienen ebenso wie die in den Samen abgelagerten organischen Reservestoffe zur ersten Ernährung des jungen Pflänzchens, bis dessen Wurzeln hinreichend entwickelt sind, um die Salze aus dem Boden aufzusaugen. Da wir nun das Getreidekorn genießen, da ebenso im Fleisch der Pflanzenfresser, welche mit der Pflanzennahrung die Salze aufgenommen haben, und welches uns wieder als Nahrung dient, immer solche Salze sind, so schloss Liebig, dass sie auch für den Menschen nützlich und notwendig seien und nannte sie „Nährsalze“. Daraus sind von Einigen weitgehende Folgerungen gezogen worden. Manche haben z. B. dem Bier eine ganz besondre Nährkraft zugeschrieben, weil es solche Salze enthält. Man darf aber hierin nicht zu weit gehen. Ich gebe gern zu, dass diese Salze in der Nahrung nicht entbehrt werden könnten. Denn

sie werden immer ausgeschieden, und ein Teil dieser Ausscheidungen stammt gewiss aus zerfallenen Eiweißkörpern und muss deshalb, um diese wieder aufbauen zu können, wieder ersetzt werden. Auch hat die Anwesenheit dieser Salze einen großen Einfluss auf die Löslichkeits- und Diffusionsverhältnisse der Eiweißkörper und ist auch darum für die Ernährung sehr wichtig. Aber der Bedarf ist im ganzen doch nur sehr gering und wird, wenn wir nur hinreichende Mengen organischer Nahrung aus dem Tier- und Pflanzenreich aufnehmen, schon ohne unser Zuthun durch diese mit gedeckt. Keinenfalls sind hinreichende Gründe vorhanden, bei der Auswahl der Nahrungsmittel gerade besondre Rücksicht auf die Salze zu nehmen und denjenigen einen besondern Nährwert zuzuschreiben, welche einige Promille mehr von dem einen oder andern enthalten.

254. Eine Ausnahme müssen wir freilich für das Kochsalz zugestehen, dessen Bedeutung als Gewürz wir schon kennen gelernt haben (§ 239). Ob es außerdem noch beim Aufbau der Gewebe eine erhebliche Rolle spielt, kann ich nicht sagen. Es ist wohl nicht ganz gleichgiltig, dass gerade das Blut verhältnismäßig reich an Kochsalz ist. Aber noch ein Umstand ist zu beachten. Man hat gefunden, dass die Kaliumsalze der Nahrung sich mit dem Kochsalz des Blutes zu Chlorkalium und den betreffenden Natriumsalzen umsetzen und dass beide dann im Harn ausgeschieden werden. Wenn daher die Nahrung an Kaliumsalzen reicher ist, dann wird auch mehr Natrium ausgeschieden, und wenn die Nahrung nicht genug davon enthält, so muss der Organismus an seinem Natriumbestand Einbuße erleiden.

Besondre Bedeutung des Kochsalzes.

Nun sind die vegetabilischen Nahrungsmittel im allgemeinen viel reicher an Kalium und ärmer an Natrium als die tierischen. Bei ausschließlichem oder doch überwiegendem Genuss der ersteren würde daher der Mensch an Natrium verarmen, wenn er nicht durch Zusatz von Kochsalz zu den Speisen für genügende Zufuhr Sorge tragen würde.

Hiermit ist es leicht zu erklären, warum Nomaden- und Jägervölker, welche fast ausschließlich von Fleischkost leben, den Zusatz von Kochsalz ganz entbehren können, während bei allen von Pflanzenkost lebenden Völkern Kochsalz hochgeschätzt und, wenn es selten ist, leicht die Ursache blutiger Kriege wird. Auch alle Pflanzenfresser unter den Tieren lieben das Salz und suchen es auf alle Weise zu erlangen; Rinder, Schafe, Pferde gedeihen besser, wenn man ihrem Futter regelmäßig Salz zusetzt. Der Mensch wird demnach um so mehr das Bedürfnis nach Salz haben, je geringer der

Anteil an animalischer Kost in seiner Nahrung ist; und dieses Bedürfnis wird noch gesteigert dadurch, dass die Kartoffeln, welche bei der ärmern Bevölkerung den Hauptanteil der Nahrung liefern, sehr reich an Kalium sind. Diese reichliche Kochsalzbeigabe wirkt dann gleichzeitig günstig auf die Ausnutzung der Nahrung ein, da die vegetabilischen Nahrungsmittel eine größere Arbeit des Verdauungsapparats erfordern als die animalischen.

Pflanzenkost und Tierkost.

255. Diese Erörterungen führen uns gleich auf die hygienisch wichtige Frage, ob der Mensch seine Nahrung ausschließlich oder vorzugsweise aus dem Pflanzen- oder Tierreich oder aus beiden entnehmen soll. Unter den Tieren gibt es bekanntlich Fleischfresser (Karnivoren), Pflanzenfresser (Herbivoren) und solche, die gemischte Kost genießen (Omnivoren). Was ist nun der Mensch von diesen dreien? Darüber wird viel gestritten, nicht von Physiologen, sondern von Laien und sogenannten Naturärzten, welche vielfach neben andern Grundsätzen sogenannter „naturgemäßer Lebensweise" auch dem reinen „Vegetarianismus" das Wort reden. Übrigens gibt es Vegetarianer strenger Observanz, welche selbst Eier, Milch, Käse verpönen, und solche, welche nur den Fleischgenuss verdammen. Sie stützen sich dabei auf alle möglichen Gründe, so auf die Untersuchung des Zahnbaues, der bei Karni- und Herbivoren verschieden ist. Da der Mensch ein Gebiss hat, in dem sowohl die Schneidezähne, wie bei den pflanzenfressenden Nagetieren, Mahlzähne wie bei den Herbivoren und Eckzähne wie bei den Karnivoren entwickelt sind, so deutet der Zahnbau darauf hin, dass der Mensch Omnivore sei. Dasselbe können wir auch aus der Entwicklung seines Darmkanals schließen, welcher relativ zur Körpergröße größer als bei den Karnivoren aber viel kleiner als bei den Herbivoren ist. Wichtiger ist aber, dass wir untersuchen, wie wir eine Nahrung aus den einzelnen Quellen zusammensetzen können, damit sie in möglichst kleiner Menge, billig und in leicht verdaulicher Form die zum Unterhalt notwendigen Stoffe vollständig liefere. Versuchen wir das rein mit Fleischkost, so werden wir nicht gut zu Stande kommen, denn die Stoffe sind zwar reich an N, aber zu arm an Kohlehydraten.

Wir müssen dann jedenfalls dem Fleisch sehr viel Fett zusetzen, wie dies auch wirklich bei den nur von Fleisch lebenden Völkerstämmen geschieht. Mit reiner Pflanzenkost kommen wir noch viel weniger zu Stande. Daraus folgt also, dass unsre Nahrung gemischt sein muss. Nur durch passende Mischung der stickstoffreichen tierischen und der kohlenstoffreichern Pflanzenkost gelingt es eine

Nahrung zusammenzustellen, welche bei möglichst geringer Masse alle erforderlichen Nahrungsstoffe in genügender Menge enthält, und bei der es uns möglich ist, die Nahrung vollkommen auszunutzen, ohne dass dem Verdauungstraktus unnütze Arbeit zugemutet wird.

256. Das in §. 247 als Beispiel gegebne Kostmaß und die Umsetzungen, auf Grund deren es berechnet wurde, können natürlich keine allgemeine Geltung beanspruchen. Wir haben ja gesehen, dass die Umsetzungen selbst von dem Ernährungszustand und von der zugeführten Nahrung beeinflusst werden, ferner dass körperliche Arbeit größere Zufuhr von kohlenstoffhaltigen Nahrungsstoffen, am besten in Form von Fett oder leicht assimilirbaren Kohlehydraten, nötig macht. Im Gegensatz dazu scheint geistige Arbeit, welche wenigstens häufig mit geringerer Muskelanstrengung einhergeht, bei verhältnismäßig größerer Eiweißzufuhr am besten von Statten zu gehen. Ich kann hier nicht auf alle Fälle eingehen, welche etwaige Abweichungen von dem Durchschnittskostmaß notwendig machen; nur über einzelne will ich noch ein Paar kurze Bemerkungen anfügen. **Ernährung der Kinder, Greise und Kranken.**

Von der Ernährung der Säuglinge wird in einer spätern Vorlesung noch die Rede sein. Aber auch Kinder von 2—15 Jahren verhalten sich anders als Erwachsene. Bei ihnen muss die Ernährung nicht bloß den Bestand des Körpers erhalten, sondern auch das Material für das Wachstum liefern. Dass hierzu auch die Zufuhr der genügenden Menge von Kalksalzen erforderlich ist, habe ich schon gesagt. In geringerm Grade gilt dies dann auch für das jugendliche Alter von 15–20 Jahren oder etwas weiter. Bei Kindern ist außerdem der Stoffwechsel und damit auch das Nahrungsbedürfnis im Verhältnis zum Körpergewicht größer als bei Erwachsenen.

Auf 1 Kilo Körpergewicht berechnet ergibt sich der Bedarf:

	Eiweiß	Fett	Kohlehydr.
Für Erwachsene:	1,8	1,2	5,2
Kinder v. 10—12 Jahren	2,6	2,2	8,7
„ „ 5—6 „	3,7	3,0	10,6
„ „ 2—4 „	3,5	3,0	8,4
„ „ $1^1/_2$—2 „	4,3	3,5	8,9

Für Kinder von 6—15 Jahren fand Voit folgende Durchschnittszahlen für eine Kost, bei der die Kinder gut gedeihen:

Eiweiß 79 Fett 37 Kohlehydrate 247 g täglich

während er für einen erwachsenen kräftigen Mann bei Ruhe fand

Eiweiß 137 Fett 72 Kohehydrate 352 g täglich

und bei Arbeit:

Eiweiß 137 Fett 173 Kohlehydrate 352 g täglich.

Im höhern Alter nimmt das Nahrungsbedürfnis etwas ab, doch noch mehr die Leistungsfähigkeit des Verdauungsapparats. Die Speisen sollen daher möglichst leicht verdaulich und in guter, schmackhafter Zubereitung genossen, und besonders sorgfältig zerkleinert werden, um das mangelhafte Kauen zu ersetzen.

Allgemeine Grundsätze für die Ernährung von Kranken aufzustellen, ist natürlich nicht möglich. Bei fieberhaften Krankheiten ist oft die Verdauungsthätigkeit fast ganz aufgehoben; die Ernährung muss sich auf flüssige Speisen, Fleischbrühe mit Ei, Milch, u. d. g. beschränken; dem Kräfteverfall muss gelegentlich durch kleine Gaben starken Weins vorgebeugt werden. Wenn feste Nahrung vertragen wird, sind leichte Fleischspeisen (Geflügel u. d. g.) in guter Zubereitung, oder die eiweißreichen und zarten Gewebe (Kalbsmilch, Gehirn) zweckmäßig, auch zarter Schinken, Austern und schwach gesalzener Kaviar werden gut vertragen. Muskelfleisch muss in feinen Scheiben senkrecht auf die Fasern zerschnitten werden. Am meisten kommen diese konsistenteren Speisen in der Rekonvaleszenz zur Anwendung, wo sie den Übergang zur gewöhnlichen Kost vorbereiten. Gerade hierbei kann eine geschickte und verständige Köchin ihre Kunst beweisen, indem sie durch immer neue Abwechselungen in der Zubereitung dem Kranken die Nahrung gleichsam einschmeichelt, deren er zur Wiedererlangung seiner Kräfte bedarf, vor der er aber wegen der noch schwachen Verdauungsthätigkeit leicht Widerwillen bekommt.

Fettleibigkeit.

257. Zum Schluss will ich noch kurz auf die Fettleibigkeit eingehen, welche zuweilen wohl Ausdruck einer krankhaften Disposition ist, in der Regel aber nur Folge unzweckmäßiger Ernährung, zu großer Nahrungszufuhr überhaupt und besonders solcher Nahrungsstoffe, welche Fettansatz begünstigen, nicht selten in Verbindung mit mangelnder Muskelanstrengung, sitzender Lebensweise und einem übermäßigen Genuss geistiger Getränke.

Wir wissen aus Ernährungsversuchen, dass bei reichlicherer Nahrungszufuhr, welche das zur Erhaltung des Gleichgewichts notwendige Maß übersteigt, zwar die Ausscheidungen gleichfalls wachsen, aber nicht in gleichem Maße, sondern dass ein Teil der zuviel zugeführten Nahrung im Körper zurückbleibt („angesetzt wird“). Hat auf diese Weise das Körpergewicht eine Zeit lang zugenommen, wobei zugleich auch die Ausgaben langsam steigen, dann bildet sich bei erhöhtem Körpergewicht ein neuer Gleichgewichtszustand aus, bei welchem Einnahmen und Ausgaben wieder einander gleich sind.

Diese Körpergewichtszunahme betrifft nur in geringem Grade die Eiweißsubstanzen des Körpers, kann dagegen sehr erhebliche Grade erreichen für das Fettgewebe. Das Fett lagert sich dabei zwischen den andern Geweben, besonders in den Muskeln, reichlich ab, vorzugsweise aber im Panniculus adiposus, im Mesenterium, um die Nieren u. s. w.

Reichlicher Genuss von Kohlehydraten und Fetten ist besonders günstig für „Fettansatz", reichlicher Genuss von Eiweißkörpern kann „Fleischansatz" bewirken, ein Teil der Mehrzufuhr wirkt aber auch auf Vermehrung des Körperfetts. Die Viehzüchter kennen diese Verhältnisse ganz gut und vermögen durch rationelle Fütterung nicht nur die Tiere zu mästen, sondern auch je nach Wahl das Fleischgewicht oder das Fettgewicht besonders zu vermehren.

Wenn Menschen besonders fett werden, so kommt das also nicht von selbst, und wir glauben es auch nicht, wenn Falstaff sagt, dass Kummer und Sorgen den Menschen aufblähen wie einen Schlauch. In des geistvollen Brillat-Savarin „*Physiologie du gout*" wird in Form eines Tischgesprächs auseinandergesetzt, wie Menschen, die nicht zu stark werden wollen, sich in dem Genuss von Amylaceen, Zucker u. d. g. mäßigen müssen. Die höchsten Grade von Fettleibigkeit pflegen aber bei Leuten vorzukommen, welche gern gut und viel essen, dabei aber das Trinken auch nicht versäumen. Namentlich Biertrinker können es weit bringen, da im Bier neben dem Alkohol, von dessen Wirkung noch die Rede sein wird, auch die zur Fettbildung so geeigneten Kohlehydrate (Dextrin, Maltose) enthalten sind. Aber auch der Genuss süßer Weine, zuckerreicher Liköre, stark gesüßten Kaffees (letzteres namentlich bei Frauen) pflegt das Seinige zur Ausbildung der Fettleibigkeit beizutragen.

Dem entspricht es auch, dass ein Teil des vermehrten Körpervolums und -Gewichts nicht gerade aus Fett, sondern aus Wasser besteht, und dass durch bloße Einschränkung der Wasserzufuhr häufig schon eine erhebliche Abnahme des Körpergewichts erzielt werden kann, wobei nicht nur Wasser, sondern auch ein Teil des abgelagerten Fetts zersetzt und ausgeschieden wird. Unmäßiger Wassergenuss allein ist aber niemals Ursache der Fettleibigkeit, sondern immer sind es Getränke, welche neben dem Wasser auch noch andre, die Fettbildung begünstigende Bestandteile enthalten. Zur Beseitigung der Fettanhäufung wird es daher neben der Beschränkung im Trinken auch noch einer Beschränkung in der Zufuhr von Fetten und Kohlehydraten bedürfen

---

Einunddreissigste Vorlesung.

Das Fleisch.

Zusammensetzung des Fleischs. — Notwendigkeit der Vermehrung des Fleischvorrats. — Verschiedenheiten des Fleischs. — Veränderungen beim Absterben. — Weitere Vorbereitung. — Gesottenes Fleisch. — Fleischbrühe. — Gebratenes Fleisch.

Zusammensetzung des Fleischs.

258. Das wichtigste aller Nahrungsmittel ist das Fleisch. Wir verstehen darunter das Muskelfleisch verschiedener Tiere, Säugetiere, Vögel, Fische. Außer dem eigentlichen Muskelfleisch werden auch andre Teile, Eingeweide (Leber etc.) genossen. Auch liefern uns die Schlachttiere Fett u. a. Doch beruht die Bedeutung der tierischen Nahrung vorzugsweise darauf, dass sie uns den Hauptteil des Eiweißbedarfs liefert.

Die Muskeln bestehen aus Muskelfasern, welche innerhalb der Sarkolemmahülle die eigentliche Muskelsubstanz enthalten; diese sind aneinander geheftet durch lockeres und äußerlich umschlossen von derberem Bindegewebe und bilden so die größern Muskelpartien. Im Bindegewebe verbreiten sich Gefäße und Nerven, und mehr oder weniger Fettzellen sind in dasselbe eingelagert. Auch die Muskelsubstanz selbst ist mit Fettröpfchen durchsetzt; bei Fleisch von gut gemästeten Tieren kann der Fettgehalt ziemlich erheblich sein, wobei die Fasern zarter und weicher werden. Was die chemische Zusammensetzung des magern Fleischs anlangt, so besteht es aus rund 50—75 % Wasser, in welchem organische und unorganische Stoffe gelöst und welches in der eigentlichen Gewebesubstanz imbibirt ist. Durch Auspressen des zerkleinerten Fleischs kann man einen Teil der Lösung gewinnen (Fleischsaft). Am wichtigsten sind eine Anzahl von Eiweißkörpern: Serumalbumin, dasselbe welches auch im Blut und im Hühnereiweiß sich findet und bei 73—76° gerinnt; ferner ein eigentümlicher Eiweißkörper, das Myosin, welches bei 45—50° gerinnt, und wahrscheinlich auch noch andre. Dann kommt in geringer Menge vor das Glykogen, das dem Stärkemehl sehr ähnlich ist und wie dieses ein Kohlehydrat, dann Inosit oder Muskelzucker. Ferner kommen die sogenannten Extraktivstoffe wie Kreatin, Kreatinin, Xantin, Sarkin oder Hypoxantin, in geringen

Spuren auch Harnsäure und Harnstoff vor. Sie sind Oxydationsprodukte der Eiweißkörper und bilden bis zum Harnstoff hin eine allmählich aufsteigende Reihe der Oxydation. Da auch die sauerstoffärmern unter ihnen den Körper durchwandern, ohne einen merklichen Betrag von Wärme und Arbeit zu leisten, da sie vielmehr fast unverändert ausgeschieden werden, so sind sie als Nahrungsstoffe nicht zu betrachten. Dagegen haben sie eine große Bedeutung, wegen ihres pikanten angenehmen Geschmacks, für die Bereitung der Fleischbrühe. Wir können sie deswegen als Gewürze bezeichnen. Da sie aber auch auf das Nervensystem angenehm belebend einwirken, so sind sie zugleich auch Genussmittel von hervorragendem Wert. Endlich kommen im Fleisch Salze vor, unter denen Kaliumphosphat zu erwähnen ist und etwas Eisen. Der Wassergehalt des Fleischs ist um so geringer, je fetter dasselbe ist.

Notwendigkeit der Vermehrung des Fleischvorrats.

259. Bei der wichtigen Rolle, welche das Fleisch in der Ernährung des Menschen spielt, und der Schwierigkeit, es in genügenden Mengen dem ärmern Teil der Bevölkerung zugänglich zu machen, ist es eine wichtige hygienische Aufgabe, alle Bezugsquellen desselben möglichst auszunutzen. Man darf sich dabei nicht bloß auf die gewöhnlichen Schlachttiere beschränken. Sehr mit Unrecht ist das Fischfleisch unterschätzt im Vergleich zum Fleisch der Vögel und Säugetiere. Gerade für die ärmere Bevölkerung ist es aber um so wertvoller, weil es dieselbe Menge von Eiweiß für weniger Geld liefern kann. Es ist eine wichtige Aufgabe der Gesellschaft, alles zu unterstützen, was die Zufuhr von Fischen ins Binnenland heben kann. An der See ist häufig der Fang so reichlich, dass er keine Verwertung finden kann, während es an Einrichtungen fehlt, die Fische schnell, ehe sie verderben, fortzuschaffen. Dazu können beitragen die Verwaltungen von Eisenbahnen durch Einrichtungen, die die Beförderung lebender Fische möglich machen; dann kommen in Betracht Unterstützungen zur Hebung der Hochseefischerei, Beförderung der Bildung von Fischereigenossenschaften, Anlegung von Nothäfen u. s. w. Für das Binnenland selbst ist für bessere Besetzung der Gewässer mit Fischen zu sorgen durch zweckmäßige Vorschriften über Schonzeit und Fang, Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen, welche das Absterben der Fische veranlassen, Einsetzung von Fischbrut in passende Gewässer, Errichtung von Fischzuchtanstalten. Von der Konservirung der Fische wird später die Rede sein.

Was hier von den Fischen gesagt ist, gilt aber auch von allen andern Quellen der Ernährung. Was den Nahrungsvorrat des Landes

vermehrt, ist hygienisch gut und nützlich; was ihn vermindert, ist schädlich. Je besser sich ein Volk nähren kann, desto gesunder und leistungsfähiger ist es, desto mehr kann es auch arbeiten d. h. Werte schaffen, wodurch der Nationalwohlstand wächst.

Verschiedenheiten des Fleischs.

260. Das Fleisch der einzelnen Tiere unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung nur unwesentlich. Wohl aber ist es für die Ernährung wichtig, dass das Fleisch mancher Tiere besser verwertbar ist, als das andrer. So ist von den gewöhnlichen Schlachttieren, deren Fleisch hauptsächlich genossen wird, das Schweinefleisch am schwersten verdaulich, wegen seiner harten Fasern. Dagegen schwankt allerdings der Wassergehalt sehr erheblich u. z. auch bei Fleisch derselben Tierart je nach dem Ernährungszustand des Tiers. Bei Beurteilung des Nährwerts wird deshalb in Betracht zu ziehen sein, wie viel Prozente wirklich nahrhafter Substanz in einer Gewichtseinheit Fleisch zu erhalten sind. Bei getrocknetem Fleisch (z. B. Stockfisch) ist der Wassergehalt natürlich am geringsten, etwa 16—17 %. Es wird dann bei der schließlichen Schätzung auf den Wert ankommen, welchen die in dem Nahrungsmittel enthaltenen nahrhaften Bestandteile einer bestimmten Fleischsorte auf dem Markte haben.

Aber nicht bloß das Fleisch verschiedner Tiere, auch die einzelnen Teile eines und desselben Tiers zeigen große Unterschiede in ihrem Nährwert, wegen ihres verschiednen Fettgehalts, der Durchsetzung mit Sehnen u. s. w. Diese werden bei uns nicht in genügender Weise beachtet. In England ist es üblich, dass man das geschlachtete Tier in einzelne Stücke zerlegt mit besondern Namen und diese einzelnen Stücke nach ihrer Beliebtheit zu verschiedenen Preisen verkauft. Die Preise für 1 Pfund schwankten z. B. für die einzelnen Teile des Ochen auf dem Londoner Markt in 1852 zwischen 16 ₰ für Beinstück und 66 ₰ für Schwanzstück. Auch bei uns muß man in der Regel das sogen. Filet höher bezahlen als andre Stücke; oder aber der Metzger sucht die ausgleichende Gerechtigkeit dadurch zu üben, dass er Zulagen gibt in Gestalt von Knochen. Ob dabei die Käufer der bessern oder schlechtern Teile besser wegkommen, ist schwer zu sagen; jedenfalls wissen bei dem englischen System, wo die einzelnen Stücke verschiednen Preis haben, die Käufer besser, was ihnen geboten wird, und auch der Ärmere kann sich für wenig Geld Fleisch von den geringwertigern Teilen verschaffen, während die Reichern die ihnen mehr zusagenden Stücke wählen können.

Veränderungen beim Absterben.

261. Wenn das Fleisch untersucht wird unmittelbar nach dem

Schlachten, so zeigt es ganz andre Eigenschaften, als die welche wir an dem sogenannten frischen Schlachtfleisch vorfinden. Das lebende Muskelfleisch und das tote, bei dem die Starre vorüber ist, sind chemisch verschieden. Die Veränderungen, welche bei Beginn und während der Totenstarre mit dem Fleisch vorgehen, sind aber für seinen Nährwert von Wichtigkeit. Das lebende Fleisch reagirt schwach alkalisch oder neutral. Wenn es abstirbt, wird es nach und nach sauer; es bildet sich Fleischmilchsäure, welche das Fleisch durchdringt und das Bindegewebe, welches die Fasern zusammenhält, auflockert, so dass diese bei der spätern Zubereitung leicht auseinanderfallen, was für die Verdauung sehr wichtig ist. Gleichzeitig wird aber auch die Muskelsubstanz durchtränkt, mürbe und körnig gemacht, was ebenfalls den Vorteil hat, dass es leichter gekaut und verdaut wird. Eine der Haupterscheinungen der Totenstarre besteht nämlich darin, dass das Myosin, jener Eiweißkörper, welcher bei 50° gerinnt, durch sie schon bei niedrer Temperatur in die Gerinnung übergeführt und dadurch der während des Lebens ziemlich zähe Muskelfaserinhalt brüchig und leichter zerreiblich wird. Der Eintritt der Totenstarre geht innerhalb 12—18 Stunden vor sich, bei höherer Temperatur schneller, bei niedrigerer langsamer. Wenn die Totenstarre vollständig eingetreten ist, dann geht aber die Säurebildung noch lange weiter; zuletzt tritt die Lösung der Starre ein, und dann erst ist das Fleisch im Zustand der vollkommenen Reife zum Genusse. Es ist den Jägern bekannt, dass frisch erlegtes Wild nicht genossen werden kann mit Ausnahme der Eingeweide, Leber und Herz. Beim Herzen vollziehen sich die Veränderungen der Muskelsubstanz schneller, wohl in Folge der fortwährenden Arbeit während des Lebens, wobei auch Milchsäure erzeugt wird. Auch andre Muskeln, die kurz vor dem Tode in starker Erregung waren, werden schneller totenstarr; daher das Fleisch von gehetztem Wild schneller zum Genuß reif wird als von auf dem Anstand geschossenen. Für das Herz kommt außerdem in Betracht, dass seine Muskeln nicht von Sarkolemma eingeschlossen sind, was die Verdaulichkeit befördern muss.

262. Je höher die Temperatur ist, desto schneller verläuft die Totenstarre, desto leichter schließt sich aber auch an die Lösung der Starre gleich die Fäulnis an. Ist das Fleisch zähe, so dass man, um die Reifung abzuwarten, die Grenze der Fäulnis leicht erreicht, so bekommt das Fleisch den von manchen geschätzten sogenannten *haut gout*. Wer diesen aber nicht liebt (und ich wenigstens halte diese Vorliebe für eine Geschmacksverirrung) kann ihn beseitigen, Weitere Vorbereitung.

indem er das Fleisch für kurze Zeit in eine schwache Lösung von Kaliumpermanganat legt. Je langsamer die Totenstarre verläuft und sich wieder löst, desto besser und mürber wird das Fleisch. Deshalb lässt es der Metzger einige Zeit nach dem Schlachten im Eiskeller hängen, oder die Hausfrau schnürt es fest in Papier ein, um das Absetzen von Maden und das Herangelangen von Fäulnisbakterien möglichst zu verhüten, und hängt es an einem luftigen Orte auf. Die Wirkung der Totenstarre kann noch befördert werden durch mechanische Einwirkung, Klopfen mit einem Holzhammer etc., wobei die Fasern auseinander gezerrt und der Inhalt mürbe gemacht wird. Darauf beruht wahrscheinlich auch die Erzählung von den Hunnen, die das Fleisch unter den Sätteln mürbe ritten.

Ganz vervollständigt wird aber erst die Vorbereitung des Fleischs für den Genuss durch Einwirkung der Hitze. Nur ausnahmsweise genießen wir rohes Fleisch, so bei den Austern. Meist aber wird es entweder gesotten, d. h. im Wasser erhitzt, oder gebraten d. h. der Einwirkung einer hohen strahlenden Wärme ausgesetzt entweder am Spieß oder in einem heißen Bratofen, dessen Wände durch umspielendes Feuer stark erhitzt werden. Eine Mittelstufe bildet das Dämpfen oder Schmoren in einem geschlossenen Gefäße mit wenig Wasser, welches das Austrocknen verhütet. Die Produkte, welche wir bei diesen Methoden erhalten, sind verschieden.

Gesottenes Fleisch.

263. Betrachten wir zunächst das Sieden, so müssen wir zwei Fälle unterscheiden. Einmal die deutsche Art des Siedens, welche darin besteht, dass man das Fleisch in kaltes Wasser taucht, den Topf dann ans Feuer rückt und kochen lässt. So lange dabei das Wasser unter 70° ist, laugt es aus dem Fleisch Substanzen aus, welche löslich sind, nämlich die Salze, die Extraktivstoffe und einen Teil des Eiweißes. Kommt dann das Wasser ins Sieden, so gerinnt das Eiweiß, welches vorher ausgezogen wurde. Da es mit Blut verunreinigt ist und der Blutfarbstoff sich bei 75° zersetzt, so schwimmt das Eiweiß in Gestalt eines schmutzig braunen Schaums auf der Oberfläche, welcher in der Regel abgeschöpft wird. Es ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass dies eine Verschwendung von Nährsubstanz sei, aber der Schaum sieht unangenehm aus und der Verlust ist auch gar nicht so groß. Die Salze und Extraktivstoffe bleiben in der Brühe; außerdem ist etwas Fett flüssig geworden und schwimmt auf der Brühe. Dieselbe enthält ferner noch Leim, welcher aus der leimgebenden Substanz des Bindegewebes beim Sieden entstanden ist und sich im Wasser löst. Eine solche Fleischbrühe enthält also

nicht gerade erhebliche Mengen von Nahrungsstoffen, wohl aber die immerhin wertvollen Salze und Extraktivstoffe des Fleischs. Und wenn sie noch durch Zusatz von Gewürzen, Suppenkräutern u. d. g. schmackhaft gemacht ist, so ist sie als eines unsrer besten Genussmittel hoch zu schätzen. Übrigens kann man ihr auch durch Zuthaten aller Art, Reis, Gries etc. Nährwert geben.

Inzwischen hat das siedende Wasser aber auch auf das Fleisch eingewirkt; die Albuminsubstanzen desselben sind zum Teil extrahirt worden; der Rest ist im Innern der Fasern geronnen. Dasselbe gilt von dem größten Teil der Extraktivstoffe und der Salze. Je länger bei dem allmählichen Erwärmen die Temperatur unter dem Gerinnungspunkt geblieben war, desto mehr ist natürlich extrahirt worden. Dabei ist das Fleisch geschrumpft und hat an Gewicht abgenommen durch Abgabe von Wasser, Fett, Eiweiß, Extraktivstoffen und Salzen. Wird das Kochen lange fortgesetzt, so wird das Bindegewebe gelockert, die Fleischfasern zerfallen. Aber der Nährwert ist erheblich vermindert, zumal so ausgekochtes Fleisch trocken und fade, wie Stroh, schmeckt, sich schwer kauen lässt und im Darmkanal schlecht ausgenutzt wird. Die beste Verwertung desselben wird sein, es fein zu zerteilen und mit passenden Zusätzen vermischt zu backen.

Ganz anders verläuft der Prozess, wenn man das Fleisch in siedendes Wasser taucht und darin weiter erhitzt. Es bildet sich dann unter der Einwirkung der Siedhitze sofort eine Kruste von geronnenem Eiweiß um das Fleischstück, welche dasselbe vor dem Auslaugen schützt, so dass weniger Salze und Extraktivstoffe, und fast gar kein Fett und Eiweiß aus dem Innern ausgezogen werden. Wenn die Siedhitze die feste Kruste erzeugt hat, thut man gut, die weitere Erwärmung bis auf etwa 75—80° zu ermäßigen. Man erhält auf diese Weise eine weniger schmackhafte Brühe, aber das Fleisch wird nur in der Weise durch die Einwirkung der Hitze verändert, dass die Eiweißkörper gerinnen, die Muskelfaser mürbe und zerreiblich und das Bindegewebe gelockert wird, dass es leicht verdaulich wird, ohne viel an Nährstoffen einzubüßen und dabei saftig und wohlschmeckend bleibt. Ein ähnliches Fleisch kann man, wenigstens annähernd, auch bei der ersteren Manier erhalten, aber nur wenn man nicht zu lange kocht, viel Fleisch und wenig Wasser nimmt, wobei man dann freilich auch nur wenig Brühe erhält.

264. Unsre Hausfrauen legen mit Recht einen großen Wert darauf, uns eine kräftige Fleischbrühe vorzusetzen. Man kann dies Fleischbrühe.

aber auch erreichen, ohne das Fleisch durch langes Auskochen ganz wertlos und ungenießbar zu machen. Die Brühe besteht aus Leim, Salzen und Extraktivstoffen. Leim kann man billig auch aus den Sehnen und Knochen gewinnen. Man wird daher gut thun, die Knochen vom Fleische loszulösen und mit den Sehnen und Fleischstückchen, die daran hängen, so wie mit den nötigen Suppenkräutern auszukochen, am besten in einem Papin'schen Topf. Dann erst wird man das vorher von den Knochen losgelöste Hauptstück des Fleischs in das schon siedende Wasser legen und in demselben garkochen. So erhält man ein gutes Fleisch. Um aber der Brühe auch die genügende Menge der Extraktivstoffe zu geben, kann man Liebig's Fleischextrakt verwenden, der nichts andres ist als eine eingedickte Fleischbrühe. Einige Messerspitzen dieses Extrakts in die Fleischbrühe eingerührt geben eine kräftige Bouillon. Nur aus Extrakt und heißem Wasser Fleischbrühe zu machen, ist unzweckmäßig; denn sie hat niemals den guten Geschmack echter Brühe. Man kann aber auch Suppen kochen aus Vegetabilien und ihnen durch Zusatz von Fleischextrakt einen pikanten Geschmack geben, während man das Fleisch zu Braten verwendet.

Endlich gibt es noch eine dritte Art, nämlich dass man das Fleisch zusammen mit den Gemüsen kocht, was besonders in Frankreich üblich ist in dem dort allgemein beliebten Pot au feu. Hierbei findet kein Abschäumen statt, alle Stoffe bleiben im Gemenge und geben ein schmackhaftes und nahrhaftes Gericht, vorausgesetzt, dass man das Fleisch nicht zu stark auskocht.

Gebratenes Fleisch.

265. Im Gegensatz zum Kochen oder Sieden beruht das Braten des Fleischs darauf, dass starke Hitze von außen her auf das Fleisch einwirkt. Dies hat zur Folge, dass zunächst an der Oberfläche Wasser verdunstet und das Fett schmilzt und abtropft. Wirkt strahlende Hitze nur von einer Seite her, wie beim Braten an freiem Feuer, so ist es notwendig, das Fleischstück zu drehen, um es gleichmäßig und nicht an einer Seite zu sehr zu verändern. Da man es fortwährend dreht und dabei mit Fett begießt, so bildet sich eine braune Kruste, welche die Verdunstung des Wassers im Innern verhindert. Zugleich wirkt die allmählich ins Innere eindringende Erwärmung zersetzend und auflockernd, ohne dass etwas von den Substanzen im Innern verloren geht.

Das an der Oberfläche ausgeschmolzene und durch die Hitze zum Teil zersetzte Fett gibt, gemischt mit den Extraktivstoffen, der Kruste einen pikanten Geschmack, welcher durch Gewürze noch

erhöht werden kann. In das Innere pflanzt sich die Wärme nur langsam fort, und bei großen Fleischstücken wird die Temperatur nur bis zu einer gewissen Tiefe so hoch steigen, dass der Blutfarbstoff zerlegt und dadurch die rote Farbe in Braun verwandelt wird. Das Fleisch bleibt deshalb im Innern noch „blutig.“ Doch soll, damit das Braten seinen Zweck erfüllt, selbst im innersten Kern die Temperatur mindestens 60° erreichen oder noch etwas mehr und lange genug auf derselben erhalten bleiben, um das „Garwerden“ sicher zu stellen.

Das Braten in einem geschlossenen Ofen, dessen Wandungen von außen erhitzt werden, unterscheidet sich nicht wesentlich vom Braten am Spieß. Die Hitze ist hier nicht so intensiv, muss daher länger einwirken, dringt aber um so sicherer ins Innere ein. Da sie von allen Seiten gleichmäßig wirkt, fällt die Notwendigkeit des Drehens fort.

Zweiunddreissigste Vorlesung.

Fleischpräparate.

Getrocknetes Fleisch. — Konservirung durch Kälte. — Einlegen in Leim, Fett oder Essig. — Sterilisirung mit Luftabschluss. — Einpökeln. — Räuchern. — Verschiedene Eiweißkörper. — Peptone. — Schlachtabfälle.

Getrocknetes Fleisch.

266. Die Schwierigkeit, stets genügende Mengen von Fleisch zur Verfügung zu haben, besonders auf dem Lande, die Notwendigkeit der Proviantirung von Schiffen und Festungen, des Mitgebens von Fleisch an Truppenteile, hat dazu geführt, verschiedene Methoden zu ersinnen, das Fleisch zu konserviren und teilweise für spätern Gebrauch aufzuheben, vor allen Dingen dafür zu sorgen, dass nicht Fäulnis eintritt. Diese Methoden sind teils eigentümlicher Art für das Fleisch, teils solche, die auch auf andre Substanzen anwendbar sind. Die erste ist das Eintrocknen. Trockene Substanzen faulen und schimmeln nicht. Die Versuche Fleisch im Ofen zu trocknen, haben zu keinem genügenden Resultat geführt, denn das so eingetrocknete Fleisch gibt eine harte unbrauchbare Masse. In Südamerika freilich bereiten die Bewohner der Pampas, die Gauchos, das Fleisch der geschlachteten Tiere dadurch zu, dass sie es in schmale Streifen schneiden und an der Sonne trocknen lassen; dann wird es fein zerrieben und kommt als *Charke* oder Fleischpulver in Gebrauch. Es ist also möglich, durch schnelles Eintrocknen bei niederer Temperatur das Fleisch in einen Zustand zu bringen, in dem es bewahrbar ist und doch genießbar bleibt. In neuerer Zeit ist auch bei uns solches Fleischpulver in den Handel gebracht worden.

Konservirung durch Kälte.

267. Das zweite fäulniswidrige Mittel ist die Kälte. Bei sehr niedrer Temperatur gedeihen die Pilze nicht, welche die Fäulnis bewirken. So existiren in Amerika sogenannte Eishäuser, in denen Fleisch und andre Nahrungsmittel zur Aufbewahrung angenommen werden gegen niederes Entgelt. Man hat aber auch diese Einrichtung zu verwerten gesucht, um aus fleischreichen Gegenden Fleisch nach Europa zu importiren. Es sind ganze Schiffe ausgerüstet worden mit doppelten Wandungen, die durch Eis gekühlt sind, in welchen die geschlachteten Tiere aufgehängt und so transportirt werden. Solche Schiffsladungen frischen Fleischs gelangen von Australien regelmäßig nach England und werden dort gern gekauft. Man kann dazu auch die Luft künstlich, durch Verdunstung flüchtiger Stoffe, abkühlen.

268. Viel gebräuchlicher als diese Methoden sind diejenigen, das Fleisch einzuschließen mit einem Mittel, welches es ganz umhüllt und welches es von der Berührung mit der Luft abhält. In einfachster Weise können wir dazu Leim benutzen. Die Hausfrau bereitet z. B. „Fisch in Gelée" und ähnliche Gerichte, indem sie die in einem Topf geschichteten Fleischstücke mit einer Leimlösung übergießt, welche dann beim Erkalten erstarrt. In derselben Weise kann Fett (flüssiges oder bei mittlerer Temperatur wieder erstarrendes) benutzt werden. Viele Substanzen werden auf diese Weise haltbar gemacht. Am gebräuchlichsten ist die Konservirung in Öl bei Fischen (Thunfisch, Sardinen) während Gänselebern oder die daraus hergestellten Pasteten mit Schweinefett übergossen werden. Sollen jedoch die Gegenstände lange aufbewahrt werden, so muss dazu noch ein luftdichter Verschluss kommen, entweder in verlöteten Blechbüchsen oder in gut verschlossenen Flaschen. Endlich kann auch das Einlegen in Essig (Mariniren) denselben Zweck erfüllen.

Einlegen in Leim, Fett oder Essig.

269. Will man Substanzen in verschlossenen Büchsen aufbewahren, ohne dass man genötigt ist, sie in Leim und Fett abzuschließen, so ist wichtig, dass die Luft und die Stoffe pilzfrei sind, und dass keine neuen Pilze hineinkommen. Das kann man durch Einwirkung fäulniswidriger Mittel (z. B. schweflige Säure, welche den Sauerstoff der eingeschlossnen Luft bindet) erreichen, oder auch indem man die Substanzen in der Hülle nochmals sterilisirt d. h. einer starken Siedehitze aussetzt, und die Büchsen luftdicht verschließt. In dieser Weise werden Gemüse, Früchte, aber auch Fleischkonserven hergestellt, welche sich sehr lange halten, wenn die Herstellung gut und der Verschluss sicher ist. Solche Konserven werden vielfach für den Handel hergestellt, auch für militärische Zwecke in einer großen Fabrik bei Mainz, um in etwaigen Feldzügen Vorräte für die Armee liefern zu können. Derartige konservirte Gerichte braucht man nur zu erwärmen, da sie schon fertig zubereitet sind. Auch von Amerika, wo Fleisch noch billig ist, kommen ähnliche Konserven zu uns, Ochsenzungen u. a. Teile von Schlachttieren, aber auch Hummern u. d. g. Wir können uns darüber nur freuen, weil dadurch die Menge des verzehrbaren Fleischs erhöht wird, was der Volksernährung zu gute kommt.

Sterilisirung mit Luftabschluss.

270. Einfacher sind die Methoden des Einpökelns und Räucherns. Unter ersterem versteht man eine Behandlung des Fleischs in einer Salzlösung, welche vermöge ihres hohen Salzgehalts dem Wuchern von Pilzen keinen günstigen Nährboden gewährt. Die

Einpökeln.

Lake besteht entweder aus einer reinen Kochsalzlösung, oder mit einem Zusatz von Salpeter, welcher die schöne rote Farbe bewahren soll, oder von Zucker. Das Einpökeln hat aber eine wesentliche Veränderung des Fleischs zur Folge. Das Myosin ist nämlich in konzentrirter Salzlösung löslich und geht zum großen Teil in die Lake über, außerdem wird das Fleisch wegen seines hohen Salzgehalts ungenießbar und muss erst wieder ausgelaugt werden, wobei wieder viel Nahrungsstoff verloren geht. Das Pökelfleisch ist also nicht das Ideal der Konserven. Man hat sogar auch dem Pökelfleisch direkt schädliche Folgen zugeschrieben; es war früher gar nicht selten, dass Schiffsleute nach langdauerndem Genuss desselben am Skorbut erkrankten und man schrieb das dem hohen Salzgehalt des Pökelfleischs zu. Es hat sich aber herausgestellt, dass hauptsächlich die Eintönigkeit der Nahrung und der Mangel an frischen Gemüsen die Krankheit veranlasst. Schon allein die Darreichung von Pflanzensäuren, z. B. in Form von Zitronenlimonade, neben dem Pökelfleisch übt eine günstige Wirkung aus. Seitdem aber die Schiffe auch Gemüsekonserven mitführen, ist die Ernährung bedeutend besser und der Skorbut seltner geworden. Übrigens wird jetzt auch vielfach lebendes Vieh, Geflügel u. s. w. den Schiffen bei längern Reisen mitgegeben.

Da die Lake beim Pökeln einen großen Teil der Eiweißkörper auszieht, so ist sie an und für sich ein gutes Nährmittel, aber leider nicht genießbar wegen ihres hohen Salzgehalts. Man verwertet sie jedoch zur Fütterung von Schweinen, wodurch sie ja mittelbar wieder der Ernährung des Menschen zu gute kommt. An manchen Orten ist es auch üblich, dass die Armen sie mit Kartoffeln genießen. Man könnte Versuche machen, aus dieser Lake die Eiweißkörper nochmals zu gewinnen. Sie werden gefällt durch reichliche Verdünnung mit Wasser und Siedehitze. Aus Häringslake bekommt man auf diesem Wege einen massenhaften Niederschlag, welcher fast ganz aus Myosin besteht. Das Verfahren ist aber noch nicht für praktische Zwecke ausgebildet worden.

Räuchern. **271.** Das Räuchern wirkt einerseits durch Austrocknung, denn der Rauch ist warm und entzieht dem Fleisch Wasser; außerdem beruht die konservirende Wirkung des Rauches auf dem Gehalt desselben an Kreosot, welches in das Fleisch eindringt und es vor Fäulnis schützt. Man hat eine Schnellräucherung eingeführt, bei welcher man das Fleisch mit Holzessig bestreicht und schnell trocknet oder auch in eine schwache Karbolsäurelösung legt und es dann für kürzere Zeit dem Rauch aussetzt.

Dem Räuchern geht fast immer das Einpökeln vorher. Man legt das Fleisch für kurze Zeit in die Lake und räuchert es dann. Das Räuchern konservirt alle wertvollen Stoffe im Fleisch, soweit sie nicht durch die vorhergegangene Einsalzung verloren gegangen sind. Es hat unschätzbare Vorzüge, aber auch Mängel. Ist die Räucherung eine sehr vollständige, dann wird das Fleisch trocken und schwer verdaulich; jedenfalls muss Schinken, Wurst u. d. g. sehr fein geschnitten und sorgfältig gekaut werden, um die Ausnutzung im Darm zu erleichtern, Schinken senkrecht auf die Richtung der Muskelfasern. Bei der Schnellräucherung bleiben die Gegenstände weicher; aber man ist nicht sicher, dass sie wirklich gut haltbar und vor dem Verderben geschützt sind. Die Schnellräucherung ist auch kein genügendes Mittel, um etwaige im Fleisch vorhandene Parasiten sicher zu töten; daher kommen beim Genuss solchen Fleischs leicht Infektionen mit Trichinen zu Stande.

Außer Schinken, Würsten u. d. g. werden namentlich Fische, welche in Massen gefangen werden, vielfach durch Einsalzen, Räuchern oder auch bloßes Trocknen konservirt und bilden so eine wesentliche Bereicherung des zur Nahrung verwendbaren Eiweißvorrats. Die arme Bevölkerung mancher Gegenden kann Schlachtfleisch kaum jemals erschwingen und deckt ihren Fleischbedarf fast ausschließlich durch Häringe. Stockfisch (getrockneter Schellfisch, Gadus morrhua) ist eine der wichtigsten Quellen der Eiweißnahrung; gesalzen heißt derselbe Fisch Laberdan oder Kabljau, gesalzen und getrocknet Klippfisch. Er wird in großen Mengen gefangen, auf der Insel Fünen zuweilen in solchen Massen, dass er nur als Dünger Verwendung findet, und eine ganze Wagenladung davon für 3 ℳ verkauft wird. Durch verbesserte Einrichtung des Versands würde noch manche arme Familie im Binnenlande zu einer billigen und guten Kost kommen.

272. Bei der Wichtigkeit der Eiweißkörper fragt es sich, ob man dieselben nicht auch auf andre Weise gewinnen und für die Ernährung verwerten könnte. So stellt man z. B. Albumin aus Blutserum her für Verwendung zu photographischen und andern technischen Zwecken. Wo Schlachthäuser vorhanden sind, in denen große Mengen von Tieren geschlachtet werden, etabliren sich solche Fabriken, die das Serum in folgender Weise gewinnen: Das Blut wird in flachen Schalen aufgefangen, wenn es geronnen ist, möglich klein zerschnitten und auf Siebböden gebracht, durch welche das Serum abtropft. Daraus gewinnt man das Eiweiß durch Eintrocknen bei niederer Temperatur.

Verschiedene Eiweißkörper.

Auch Fibrin, welches man leicht aus dem Blut durch Schlagen erhalten kann, und der billig und ganz rein herzustellende Leim können vielleicht bei der Ernährung noch mehr Verwendung finden. Leim kann allerdings nur, wie wir wissen, als mäßiger Ersatz für einen kleinen Teil des Nahrungseiweißes dienen, aber mir scheint, dass seine Verwendung bis jetzt noch eine beschränktere ist, als seinem Nährwert entspricht.

Andre Verfahren gehen darauf aus, Fleisch oder andre Naturprodukte in eine leicht aufbewahrbare und gleichsam konzentrirte Form zu bringen, womöglich mit voller Erhaltung des ganzen Nährwerts. Von dem Trocknen des Fleischs war schon die Rede. Unter dem Namen *Carne pura* wurde vor einigen Jahren ein solches Fleischpulver in den Handel gebracht, welches sehr gerühmt wurde. Einen ähnlichen Zweck hat die sogenannte Fleischsolution, nur dass bei ihr die Eiweißkörper des Fleischs in eine lösliche, leicht resorbirbare Form übergeführt werden. Zur Herstellung derselben wird das Fleisch zunächst in einer verdünnten Ätznatronlösung gekocht. Diese löst das Sarkolemma und die Eiweißkörper auf; dann wird der Flüssigkeit, die etwas nach H_2S riecht, Chlorwasserstoffsäure im Überschuß zugesetzt, so berechnet dass 1 % freier Säure (außer der zur Neutralisirung erforderlichen) vorhanden ist. Die Eiweißkörper werden dadurch gefällt. Dann wird diese saure Lösung nochmals gekocht; dadurch verwandelt sich ein kleiner Teil der Eiweißkörper in Pepton, der Rest aber in lösliches Eiweiß, welches beim Neutralisiren einen Niederschlag gibt. Durch vorsichtiges Abdampfen bei niederer Temperatur verwandelt man die Masse in einen Brei, welcher alle Bestandteile des Fleischs ohne Verlust in leicht löslicher und darum auch leicht verdaulicher Form enthält und besonders für die Ernährung von Magenkranken sich nützlich erwiesen hat.

Peptone.

273. Um die Verdauungsarbeit des Magens ganz zu ersparen, hat man auch das Fleisch in Peptone verwandelt, durch Peptonisirung mit Pankreas- oder Magensaft.

Ich halte es noch nicht für endgiltig entschieden, ob reine Peptone für die Zwecke der Ernährung die Eiweißkörper zu ersetzen vermögen. Da die letzteren bei der Verdauung im Magen und Darm in Peptone übergehen und als solche resorbirt werden, so scheint es selbstverständlich, dass statt ihrer auch Peptone selbst genossen werden könnten. Doch wird dies von manchen Physiologen bezweifelt. Brücke ist der Meinung, dass nur ein kleiner Teil der in der Nahrung aufgenommenen Eiweißkörper als „Pepton“ resorbirt wird, der größere

Teil aber in Gestalt von „löslichem Eiweiß". Bei der Verdauung, innerhalb des Darmkanals sowohl wie bei der künstlichen, wird immer nur ein Teil der Eiweißkörper wirklich in Pepton verwandelt, der andre Teil bleibt gleichsam auf halbem Wege stehen und bildet Produkte, welche unter dem Namen Acidalbumin, lösliches Eiweiß, Propepton, Hemipepton u. s. w. beschrieben werden. Mit solchen Gemengen sind auch die Fütterungsversuche unternommen worden, auf Grund deren Plosz, Maly u. a. festgestellt haben, dass Peptone das Eiweiß in der Nahrung ersetzen können. Da gerade die fabrikmäßig dargestellten Peptone immer reich an solchen Zwischenprodukten sind, so bleibt die wissenschaftliche Frage noch offen; praktisch aber kann man die Frage, ob die Peptone (was man eben so nennt) nähren können, unbedingt bejahen. Wenn dem aber so ist, dann scheint es rationeller, auf die Herstellung der Peptone lieber ganz zu verzichten, und das Hauptaugenmerk auf die Herstellung von „löslichem Eiweiß" zu richten, wie dies bei der im vorigen Paragraphen beschriebenen Fleischsolution der Fall ist. Solche Präparate haben auch den Vorzug, geschmacklos zu sein, während die Peptone, wahrscheinlich weil neben ihnen noch andre Spaltungsprodukte entstehen, einen sehr widerlichen Geschmack haben, den man vergeblich durch allerlei Zusätze zu verdecken versucht hat.

274. Neben dem Fleisch verdienen eine besondre Beachtung andre eiweißreiche Nahrungsmittel z. B. der Käse, von welchem noch die Rede sein wird. Für die Ernährung besonders wichtig sind aber neben dem Fleisch die sogenannten Schlachtabfälle, d. h. das Blut, die Eingeweide, die Haut, die Gelenke u. d. g. Einzelne Eingeweide, wie die großen Drüsen, Leber, Milz sind zwar ärmer wie das Fleisch an Eiweiß, enthalten aber andre Nahrungsstoffe, so die Leber Zucker und Glykogen. Andre wiederum sind besonders reich an Eiweiß in leicht löslicher Form. Diese werden zum Teil als Leckerbissen höher bezahlt, so Pankreas und Thymus der Kälber, das Gehirn, welches neben Eiweiß auch viel zusammengesetzte Substanzen verwickelter Konstitution enthält. Noch andre sind als minder nährwertig billig zu haben und dienen zu populären Gerichten. So wird bekanntlich aus Blut Schwarzsauer gemacht oder Blutwurst. Auch die Lunge wird zu Wurst verarbeitet oder als *Haché* genossen. Wegen ihres hohen Gehalts an N-haltigen Ektraktivstoffen eignet sich die Niere besonders als Zusatz zur Brühe, welcher sie einen kräftigen Geschmack und alle die guten Eigenschaften erteilt, um derentwillen wir die Fleischbrühe besonders schätzen.

Schlachtabfälle.

Dreiunddreissigste Vorlesung.

Schädlichkeiten der Fleischnahrung.

Fleisch kranker Tiere. — Eingeweidewürmer. — Bandwurm. — Blasenwurm und Finne. — Andre Bandwürmer. — Wirkungen der Bandwürmer. — Trichinen. — Fleischbeschau. — Öffentliche Schlachthäuser. — Sicherung durch Erhitzen. — Unzuverlässigkeit des Räucherns. — Wurstgift und Ptomaine.

Fleisch kranker Tiere.

275. Wir wenden uns nun zu der Frage, ob der Genuss des Fleischs unter Umständen Schaden herbeiführen kann und wie demselben vorzubeugen sei. Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden: ob das Fleisch von kranken Tieren stammt und dadurch schädliche Eigenschaften hat, oder ob das Fleisch, welches ursprünglich ganz gesund und gut war, durch nachträgliche Verderbnis eine verderbliche Eigenschaft erlangen kann. Was die Krankheiten anlangt, so gibt es solche, welche auf die Beschaffenheit der Muskeln keinen besondern Einfluss haben, so dass kein Grund vorhanden ist, weshalb das Fleisch solcher Tiere nicht genossen werden sollte. In Schottland, wo sehr viele Schafheerden gehalten werden, ist es ein gewöhnliches Abkommen, dass die Schäfer alle gefallenen Tiere selbst für sich benutzen können, so dass allgemein dieses Fleisch genossen wird. Der Grund für den Tod kann der verschiedensten Art sein. Natürlich wird es einen Unterschied machen, ob das Tier an akuter oder chronischer Krankheit verendet ist; denn wenn sich eine Krankheit sehr lange hinzieht, so wird das auf die Ernährung des Tiers und damit auf die Güte des Fleischs einen großen Einfluss haben. Die Tiere, welche eigens zum Genuss geschlachtet werden, sind ja in der Regel vorher einer systematischen Mast unterworfen worden. Dagegen gibt es gefährliche Krankheiten, welche sehr leicht auf den Menschen übertragen werden können, die Zoonosen, die wir später behandeln werden. Wir könnten auch in solchen Fällen oft das Fleisch an und für sich ganz gut genießen, dürfen es aber dennoch nicht, weil das Zerlegen des Tiers gefährlich ist. Endlich sind solche Krankheiten zu unterscheiden, bei welchen das Fleisch selbst direkt verdorben ist, wo das Muskelgewebe und Bindegewebe auch von der Krankheit ergriffen werden kann.

276. Am allermeisten ist zu beachten die Übertragung von Eingeweidewürmern durch das Fleisch der Schlachttiere auf den Menschen. Wir finden bei den Haustieren und Menschen eine große Zahl solcher Parasiten und wissen von vielen, dass sie nur auf dem Wege des Fleischgenusses in den Menschen einwandern. Die häufigst vorkommenden Eingeweidewürmer gehören teils der Ordnung der Bandwürmer an, teils auch der Ordnung der Rundwürmer. Zu den letztern gehören auch solche, welche mit dem Fleisch nichts zu thun haben, wie die Oxyuren, Askariden u. s. w. Wie diese in den Menschen gelangen, ist für einige derselben bis jetzt noch nicht sicher nachgewiesen, wohl aber kommen aus dieser Ordnung die Trichinen durch den Genuss des Schweinefleischs in den Menschen. Eingeweidewürmer.

Von den Eingeweidewürmern hatte man früher sehr merkwürdige Vorstellungen, und auch jetzt ist das Dunkel noch nicht völlig gelichtet, aber für viele derselben ist die Art ihrer Einwanderung in den Menschen und ihre Fortpflanzung vollkommen festgestellt. Wir wollen unsre Bemerkungen an die verbreitetsten, besonders an die *Taenia solium* und ihre Verwandten anknüpfen. Eine Reihe von andern, welche bei uns sehr selten sind oder auch geringere Störungen der Gesundheit bewirken, wie *Trichocephalus dispar* u. a., übergehe ich hier, zumal sie mit dem Fleischgenuss nicht zusammenhängen.

277. Ein entwickelter Bandwurm, wie er etwa nach Anwendung eines Abtreibemittels aus dem Darm eines Menschen entleert wird, hat die Gestalt eines platten Bandes, welches an dem einen Ende fadenartig dünn oder schmal ist. An diesem sitzt der etwas breitere, birnförmige sogenannte Kopf. Der zuweilen mehrere Meter lange Wurm ist in viele sogenannte Glieder oder Proglottiden abgeteilt, deren größte etwa 6—7 mm breit und 9—10 mm lang sind. Mit der Entfernung vom Kopf nimmt die Breite regelmäßig zu. Die genauere Untersuchung zeigt aber, dass wir es nicht mit einem Wurm zu thun haben, sondern mit einer Kolonie von Würmern. Im fertig ausgewachsenen Zustand haben alle Glieder in sich ausgebildete Geschlechtsorgane und zwar männliche und weibliche, sind also zwitterig. Man findet Samenfäden und Eier in ihnen, und die Vermehrung der Tiere kann dadurch zu Stande kommen, dass durch Aneinanderlagerung zweier solcher Glieder das Ei des einen von dem Samen des andren befruchtet wird. Aus den so befruchteten Eiern aber entwickelt sich nicht sofort wieder ein Bandwurm, sondern der im Ei enthaltene Embryo wächst heran zu einen neuen Gebilde, dem Skolex. Dieser besteht aus einer wässerigen Blase mit einem um- Bandwurm.

gestülpten Bandwurmkopf in ihrem Innern, welcher sich aus demselben hervorstülpen kann. Die Entwicklung desselben ist gebunden an gewisse Bedingungen, sie geschieht in der Regel nur, wenn der Embryo in ein ganz bestimmtes Tier, den Wirt des Skolex, einwandert.

Blasenwurm und Finne.

278. Der Wirt für den Skolex der *Taenia solium* ist das Schwein. Dieses infizirt sich um so leichter, da es frei herumläuft, im Kote wühlt und alles frisst. Es ist dies zwar eine ganz schlechte Einrichtung auch vom Standpunkt des rationellen Landwirts aus, denn die Erfahrung hat mit aller Sicherheit bewiesen, dass Schweine, welche man möglichst sorgfältig füttert und in reinlichen Stallungen hält, einen viel größern Gewinn bringen, als solche, die man herumlaufen und ihre Nahrung selbst suchen lässt. Trotzdem geschieht letzteres sehr häufig. Frisst nun das Schwein die abgesetzten Glieder eines Bandwurms, so wird im Magen des Tiers die Eischale gelöst, der Embryo wird frei. Dieser wandert aus dem Darm aus, setzt sich in den Muskeln fest und erscheint nun als Blasenwurm (*Cysticercus cellulosae*), welcher sich mit einer Kapsel umgibt und die sogenannte Finne bildet. In diesem Zustand kann der Parasit bleiben, so lange das Schwein lebt. Wenn wir aber das Fleisch genießen und die Hüllen durch die Verdauungssekrete aufgelöst werden, so wird der Skolex frei und bildet den Anfang eines neuen Bandwurms. Durch Knospung schnürt sich ein Glied nach dem andern vom Kopf ab; jedes neue drängt das vorhergehende vor sich her, der Art, dass das jüngste am Kopf, das älteste und darum größte am freien Ende sich befindet. Der Bandwurm ist also eine Kolonie, die ihre Mutter, oder wie die Zoologen sagen, Amme (denn die Erzeugung der Glieder erfolgt auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospung) in dem Kopf des Bandwurms hat.

Andre Bandwürmer.

279. Ganz ähnliche Beziehungen, wie hier zwischen Mensch und Schwein bestehen für eine verwandte Taenienart zwischen Hund und Hase, bezw. Kaninchen. Im Hundedarm lebt die *Taenia serrata*; setzt der Hund geschlechtsreife Glieder auf dem Felde mit seinem Kote ab, so werden diese vom Hasen gefressen, und es entwickelt sich der *Cysticercus pisiformis*, welcher im Mesenterium wohnt. Wird der Hase geschossen, so erhält ein andrer Hund die Eingeweide und infizirt sich wieder, um von neuem Taenien zu erzeugen u. s f.

Im Darm des Hundes kommt auch noch eine andre Art vor, die *Taenia echinococcus*; geraten die Eier dieses Bandwurms in den

Menschen, so erzeugen sie den *Echinococcus*, welcher besonders in der Leber, auch den Lungen, den Nieren und in andern Organen seinen Sitz aufschlägt. Der Echinokokkus ist ein zusammengesetzter Blasenwurm, d. h. es entstehen sekundäre oder Tochterblasen an der Innenwand und in jeder derselben können sich Tausende von Scolices bilden. Die Echinokokkusblasen können eine bedeutende Größe erreichen, bis zu der eines Mannskopfes und darüber. Sie können sehr erhebliche Störungen und selbst den Tod verursachen. In der Leber führen sie durch ihre zuweilen sehr erhebliche Ausdehnung Atrophie des umgebenden Gewebes und Druck auf benachbarte Organe herbei; auch kann der Sack bersten und seinen Inhalt in die Pleura- oder Peritonealhöhle ergießen.

Die *Taenia mediocanellata* (*s. saginata*) stammt nicht aus dem Schwein, sondern aus dem Rind, in dessen Muskeln der Cysticercus derselben wohnt. Sie kommt bei Menschen, welche rohes Rindfleisch genießen, häufig vor, am häufigsten in Abyssinien, wo fast jeder Mensch eine Taenie beherbergen soll.

Der *Bothriocephalus latus* ist der größte beim Menschen vorkommende Bandwurm; er kann eine Länge bis zu 8 m erreichen. Er ist in Deutschland, westlich der Weichsel, äußerst selten, dagegen häufig in Russland, Schweden und der Schweiz. Neuerdings ist er in Bayern am Starnberger See ziemlich häufig beobachtet worden; er stammt aus Fischen, besonders dem Hecht.

280. Die Beschwerden, welche das Vorhandensein eines Bandwurms im Darm verursacht, sind zwar gerade nicht gefährlich, können aber doch sehr lästig werden. Der Wurm nimmt einen Teil der eingeführten Nahrung für sich in Anspruch, reizt durch seine Anheftung mittels der Saugnäpfe und durch seine Bewegungen die Darmschleimhaut und erzeugt Katarrhe, Kolikschmerzen u. d. g. Die *Taenia mediocanellata* ist in der Regel beschwerlicher als die *Taenia solium*. Stuhlverstopfung, welche durch plötzliche Diarrhöen unterbrochen wird, kommt nicht selten vor. Zuweilen gelangt der Wurm auch in den Magen und bewirkt Übelkeiten. Von Zeit zu Zeit geht ein Teil des Bandwurms ab, aber wenn man nicht darauf achtet, so kann man ihn Jahre lang mit herumtragen, ohne dass weiter ein Schaden geschieht. So wird erzählt, dass bei den Abyssiniern das Vorhandensein einer Taenie im Darm als das Normale angesehen und als Zeichen der Gesundheit gedeutet wird. Unter Umständen kommen aber auch schwerere Störungen vor. Die größte Gefahr für den Träger eines Bandwurms (wenigstens der *Taenia solium*) besteht aber

Wirkungen der Bandwürmer.

darin, dass er sich leicht mit den von ihm selbst abgehenden Bandwurmeiern anstecken kann, deren Embryonen dann, in den verschiedensten Organen zu Zystizerken heranwachsend, besonders in Gehirn und Augen die schwersten Störungen veranlassen können. Bekannt ist auch, dass die Drehkrankheit der Schafe durch Einwandern eines Blasenwurms (*Coenurus cerebralis*), welcher von der *Taenia coenurus* des Hundes stammt, in das Gehirn bewirkt wird.

Trichinen. **281.** Aus der Ordnung der Rundwürmer (Nematoden) interessiren uns hier vor allen Dingen die Trichinen, *Trichina spiralis.* Diese kommen bei verschiedenen Tieren vor und sind in ihrem Entwicklungsgang ebenfalls an den Wechsel zwischen ihren Wirten gebunden. Wohl ganz ausnahmslos wird der Mensch vom Schwein infizirt. Die Trichinen befinden sich im Schwein als eingekapselte Trichinen, die um sich herum eine Kapsel abgeschieden haben, im Innern einer Muskelfaser. Diese ist etwas angeschwollen, und wenn die Trichine lange Zeit in der Faser liegt, so werden Kalksalze in der Kapsel abgelagert. Man spricht dann von einer verkalkten Trichine. Angenommen, solches Fleisch wird genossen, dann wird die Kapsel unter Einwirkung des Magensaftes gelöst, und die Trichine schlüpft aus. Die so freigewordenen Trichinen werden im Darm geschlechtsreif und befruchten sich. Es entwickelt sich außerordentlich schnell eine sehr große Zahl von jungen, sehr kleinen Darmtrichinen, welche aus dem Darm auswandern, den ganzen Körper durchsetzen und in den Muskeln wieder zu Muskeltrichinen heranwachsen. Diese können dann im eingekapselten Zustande in den Muskeln sehr lange verweilen, ohne abzusterben. Man kennt sie schon seit langer Zeit (1832); sie sind aber nicht als Ursache von Erkrankungen erkannt worden, sondern man hatte sie zufällig gefunden bei Sektionen von Menschen, die entweder an einer andern Krankheit gestorben waren oder, wenn an Trichinose, doch nicht mit der richtigen Diagnose. Erst Prof. ZENKER in Erlangen (damals in Dresden, 1860) ist es gelungen, den Zusammenhang der massenhaften Einwanderung junger Trichinen in die Muskeln mit schweren Krankheitserscheinungen, die nicht selten Ursache des Todes werden können, nachzuweisen.

Ehe man diesen Zusammenhang kannte, hat man gewiss öfter die gleichen Erscheinungen beobachtet; aber man hat sie als akuten Gelenkrheumatismus, als Typhus, als Vergiftung aufgefasst. Fand man aber in der Leiche die eingekapselten Trichinen, so betrachtete man diesen Befund als einen zufälligen, ohne den Zusammenhang mit

der zuweilen ja schon viele Jahre vorher überstandenen Krankheit zu ahnen.

Nun fragt es sich, woher kommen die Trichinen in das Schwein? Sicher dadurch, dass die Schweine von Trichinen durchsetztes Fleisch fressen, so wenn die Schlachtabfälle eines trichinösen Schweins wieder in den Schweinetrog gelangen, oder wenn die Schweine Ratten fressen, welche letztere häufig trichinös befunden werden. Die Infektion des Menschen kommt dann natürlich leicht zu Stande, wenn das Schweinefleisch roh oder unvollkommen gekocht gegessen wird.

282. Während die Finne schon mit bloßem Auge als kirschkern- bis bohnengroßes Bläschen zu finden ist, können die Trichinen nur mikroskopisch erkannt werden. Da aber die Trichinen geradezu tötlich wirken können, so ist um so mehr eine besondre Aufmerksamkeit notwendig. Diese muss gerichtet sein auf Untersuchung des Fleischs, ehe es zum Verkauf gelangt, unmittelbar nach dem Schlachten. Durch die immer wieder auftauchenden Epidemieen veranlasst, ist man jetzt dahin gekommen, dass an vielen Orten von Obrigkeits wegen die mikroskopische Untersuchung der geschlachteten Schweine obligatorisch angeordnet ist, indem man Trichinenbeschauer anstellt, die Unterricht genossen haben in der richtigen Entnahme der Probe und ihrer Untersuchung. Dieselben haben ihr Augenmerk vorzugsweise auf solche Muskeln zu richten, welche besonders zahlreiche Trichinen zu enthalten pflegen und zugleich für die Verwertung des Fleisches wenig in Betracht kommen, nämlich die Muskeln des Kehlkopfs, des Halses, die Interkostalmuskeln, das Zwerchfell, die Augenmuskeln. Es ist dadurch eine gewisse Garantie gegeben für die Unschädlichkeit des Fleischs. Die Trichinenschau ist aber sehr schwer streng durchzuführen, wenn die einzelnen Schlächter ihre besondern Schlachthäuser haben, und noch schwerer, wenn in Privathäusern geschlachtet wird. Es besteht zwar die Verordnung, dass jeder, der zu Haus schlachtet, den Trichinenschauer zu rufen hat, aber wenn das nicht befolgt wird, so ist es schwierig, die Kontrole zu üben, besonders auf dem flachen Land. Da die Trichinen zwar augenblicklich bei uns im Vordergrund des Interesses stehen, da aber auch der Genuss von Fleisch, welches andre Eingeweidewürmer enthält oder sonst aus irgend einem Grunde gesundheitsschädlich wirken kann, nicht wünschenswert ist, so wird gründliche Abhilfe nur geschaffen durch Zentralisation des Schlachtens d. h. wenn man öffentliche Schlachthäuser errichtet und das Schlachten zu Hause verbietet, sowohl für Metzger als für Private. Dann kann man für eine sorg-

Fleischbeschau.

fältige Überwachung durch angestellte sachverständige Tierärzte sorgen. Man kann aber noch weiter gehen, man kann die Schlachttiere vor dem Schlachten untersuchen und notorisch kranke Tiere ausschließen und kann die Untersuchung auf alle Arten von Schlachttieren ausdehnen.

Öffentliche Schlachthäuser.

283. Derartige öffentliche Schlachthäuser empfehlen sich auch aus andern Gründen sehr. Denn das Schlachten in privaten Schlachthäusern ist immer ein Misstand, dessen Abschaffung wir als wünschenswert erachten müssen, wenn wir sehen, wie das Blut durch die Rinnsteine fließt, welche Menge von Unrat sich in solchen Schlachthäusern aufhäuft und welche Verunreinigungen des Bodens und Wassers dadurch zu Stande kommen. Wenn sich auch die Metzger sträuben, ihre Schlachthäuser aufzugeben, so muss doch die Rücksicht auf die Gesundheit der Bevölkerung allein maßgebend sein. Übrigens stehen dem zugefügten Schaden auch Vorteile gegenüber. Namentlich in großen Städten lassen sich die Räumlichkeiten, welche zum Schlachten dienen, viel besser als Wohnungen u. s. w verwerten. Vor allem aber ist die Ausnutzung der Abfälle bei einem Zentralschlachthaus eine sehr viel leichtere. Einrichtungen z. B., um das Serum zu gewinnen, lohnen sich kaum in einem kleinen Schlachthaus, wohl aber, wo viele zusammen arbeiten. Das ist ein Gesichtspunkt, den wir hier nur anzudeuten haben, der aber von großer Wichtigkeit ist für die Hygiene der Gewerbe. Das größte Unheil von Seiten der Gewerbe entsteht durch Nachlässigkeit und diese tritt auf, wo es sich um wertlose Dinge handelt. Wird es auf irgend eine Weise möglich, dass solche einen Geldwert bekommen, so werden sie sorgfältig aufgehoben und richten keinen Schaden mehr an. Wir müssen also jede Entwickelung der Industrie mit Freude begrüßen, welche aus wertlosen Abfällen etwas nützliches zu machen lehrt. Öffentliche Schlachthäuser mit guter Überwachung ihres Betriebes sind daher hygienisch so wichtig, dass wir sie mit an die Spitze unsrer hygienischen Forderungen setzen müssen.

Sicherung durch Erhitzen.

284. Es ist selbstverständlich, dass alle Erkrankungen, welche durch Übertragung von Eingeweidewürmern erzeugt werden können, an das Leben dieser Tiere gebunden sind, und dass alles, was die Tiere tötet, das Fleisch, wenn anders es sonst nicht infizirt ist, unschädlich macht. Da wir nun jedes Tier durch genügendes Erhitzen töten können, so ist darin ein einfaches Mittel gegeben. Beim Fleisch aber ist die gewöhnliche Zubereitung durch Kochen und Braten nicht immer vollkommen zureichend, weil nicht immer die Temperatur in

den innersten Teilen hoch genug steigt, um die Parasiten zu töten. Wenn wir ein großes Stück Fleisch kochen lassen, so wird es, da das Fleisch ein schlechter Wärmeleiter ist, wenn die äußern Schichten auf 100° erwärmt sind, im innern noch kalt sein; und da mindestens 75° notwendig sind, um einen solchen Wurm zu töten, so finden wir möglicherweise, dass alle Trichinen in den äußern Schichten getötet sind, in dem innern Kern aber nicht. So erklärt es sich, dass Infektion durch Trichinen hauptsächlich in den Gegenden häufig vorkommt, in denen das sogen. Wellfleisch genossen wird, d. h. Schweinefleisch, das in Würfel geschnitten ist und nur ganz kurze Zeit gekocht wird. Ebenso ist leicht zu verstehen, dass am meisten befallen werden diejenigen Menschen, welche entweder direkt rohes Fleisch genießen, wie bei der Unsitte des *Beefsteak à la Tartar*, oder Köchinnen, die, von den Speisen vor ihrer völligen Erhitzung kosten, oder Metzger, welche Wurstfleisch zurecht machen und davon kosten. Man muss also die Leute darauf aufmerksam machen, dass dieser Genuss vermieden und dass das Fleisch durch und durch genügend erhitzt werden muss, wozu natürlich je nach der Größe der Fleischstücke mehr oder weniger Zeit nötig ist. Bei uns ist vielfach die Meinung verbreitet, dass die Engländer blutiges Fleisch essen. Richtig ist aber nur, dass die Engländer, die sich in der That auf die Zubereitung des Fleischs im allgemeinen besser verstehen als andre Nationen, das Fleisch nicht so auskochen, wie das bei uns häufig geschieht, und überhaupt gebratenes Fleisch vorziehen. Beim Braten lassen sie das Fleisch zwar nicht eintrocknen, aber roh lassen sie es auch nicht. Vielmehr wird auch dort der Braten meistens so weit erhitzt, dass er selbst in den innersten Teilen etwa auf 75° kommt. Das Geheimnis des guten englischen Bratens beruht außerdem weniger auf der Art der Zubereitung (denn diese ist die allereinfachste), sondern darauf, dass man dort sehr gutes Fleisch von sorgfältig gezüchtetem und sorgfältig gemästetem Vieh hat, dass man es nach dem Schlachten lange hängen lässt und vor dem Braten gehörig bearbeitet.

285. Vielfach kommt Trichineninfektion auch durch geräuchertes Fleisch zu stande, durch Schinken, Würste u. d. g. Namentlich bei Würsten ist die Verhütung besonders schwierig, weil man die Wurst als ein Gemenge von verschiedenen Substanzen nicht in der Weise wie andres Fleisch durch Untersuchung auf das Vorhandensein von Eingeweidewürmern kontroliren kann. Eine solche Untersuchung würde nichts helfen, denn es kann vorkommen, dass man durch eine Wurst, welche gar kein Schweinefleisch enthält, doch mit Trichinen

Unzuverlässigkeit des Räucherns.

infizirt wird, weil der Metzger vielleicht, ehe er das Rindfleisch zerkleinert hat, zuvor Schweinefleisch auf dem Klotz hatte, das sich mit dem Rindfleisch mischte. Untersucht man Scheiben einer Wurst, so bietet das gar keine Garantie. Volle Sicherung wird daher nur gegeben sein, wenn alle Schlachttiere vor ihrer Zerlegung untersucht werden. Übrigens scheint es, dass das Räuchern nach der alten Methode, bei der die Gegenstände je nach ihrer Dicke 14 Tage oder länger im Rauch hängen, die Trichinen vollkommen sicher tötet. Dagegen bei der Schnellräucherungsmethode kann es geschehen und ist es vorgekommen, dass die Würste, Schinken etc. noch lebende Eingeweidewürmer enthielten und Infektionen bewirkten. Dasselbe, was vom Räuchern gilt, gilt auch von andern ähnlichen Prozeduren. Das Pökeln tötet die Parasiten auch nur, wenn das Fleisch lange genug in der Lake liegt. Bei kurzem Verweilen, wie es manchmal der Schnellräucherung vorausgeschickt wird, bleibt es unsicher; denn bis die Salzlösung ins Innere eindringt, ist sie sehr verdünnt. Schließt sich an diese Prozesse noch das Kochen an, so wird es darauf ankommen, ob genügend durchgekocht wird. Der Genuss solchen Fleischs muss also mit der nötigen Vorsicht geschehen.

Wurstgift und Ptomaine.

286. Wir kommen nun zu der zweiten Frage, ob Fleisch, welches an und für sich gesund ist, nachträglich verderben kann, besonders ob die Fäulnis imstande ist, giftig zu wirken. Vergiftungen mit Fleisch oder Fleischpräparaten sind oft beobachtet worden. In der ältern Litteratur findet man Angaben von solchen Fällen, die man dann einem eigentümlichen Gift, das den Namen Wurstgift bekommen hat, zuschrieb. Die Würste sind auch in der That am meisten verdächtig, weil es gar zu nahe liegt, dass der Verkäufer, welcher schlechtes Fleisch übrig behalten hat, dieses zu Wurst verarbeitet. Er kann es da mit anderm Fleisch mischen, durch Zusatz von Gewürzen den unangenehmen Geruch verdecken. Aber auch bei Verwendung ganz guten frischen Materials kann nachträglich Verderbnis eintreten, wenn die Wurst selber nicht durch einen der vorbesprochenen Prozesse haltbar gemacht wurde, z. B. bei Würsten, welche nicht geräuchert, sondern nur gekocht werden. Es entsteht nun die Frage, kann durch die Fäulnis allein ein giftiger Stoff entstehen? Die alte Annahme hat sich in sofern bestätigt, als neuerdings festgestellt worden ist, dass durch die Fäulnis in den Eiweißkörpern eine ganze Anzahl giftiger Stoffe entstehen, die sogenannten Ptomaine. Besonders ist es den eingehenden Untersuchungen von Brieger gelungen, aus fauligen Substanzen Stoffe von basischen

Eigenschaften, welche den Alkaloiden nahe stehen, zu gewinnen, dann aber auch Säuren, die mit Basen Salze bilden können, und von denen einige stark giftig sind. Ob nun unter dem Namen des Wurstgiftes solche durch Fäulnis entstandene Gifte Unheil angerichtet haben, oder ob zuweilen Erscheinungen der Trichinose unter dieser Bezeichnung beschrieben worden sind, lässt sich schwer ermitteln. Solche Würste, die nicht in haltbaren Zustand übergeführt werden können, wie Leber-, Gänse- und Blutwürste sind natürlich besonders gefährlich und sollten nur in ganz frischem Zustande genossen werden. Dass auch auf andre Weise Gift in Wurst und ähnliche Präparate hineinkommen kann durch Versehen oder Bosheit, ist selbstverständlich. Abgesehen von großer Vorsicht kann ein Schutz dagegen nicht erreicht werden. Alles hier gesagte gilt natürlich auch von andern ähnlichen Nahrungsmitteln. So soll auch durch Käse Vergiftung bewirkt worden sein, was zur Annahme eines besondern Käsegifts als Analogon des Wurstgifts geführt hat. Vielleicht sind es auch hier Ptomaine, die beim Faulen entstanden sind.

Besondres Aufsehen erregte vor Kurzem die Vergiftung von Menschen durch Muscheln (Miesmuschel, *Mytilus edulis*) in Wilhelmshaven. Brieger hat aus ihm übersandten Tieren giftige Substanzen dargestellt. Doch konnte nicht festgestellt werden, ob dieselben durch einen krankhaften Prozess während des Lebens oder erst nach dem Tode der Tiere entstanden waren. Gewöhnliche Ptomaine schienen es nicht zu sein.

Geringere Grade von Fäulnis, besonders wenn sie nur die äußre Oberfläche befallen, sind als nicht sehr gefährlich anzusehen. Wir können es gar nicht vermeiden, dass zuweilen Fleisch in oberflächliche Fäulnis übergeht, weil an die Lösung der Todenstarre sich häufig die Fäulnis unmittelbar anschließt. Die Oberfläche wird dann grau, riecht übel und enthält Fäulnispilze. Fleischsorten, welche, um recht mürbe zu werden, lange aufbewahrt werden müssen, wie Wild, sind sogar beinahe immer, ehe sie dem Genuss zugänglich werden, schon an ihrer Oberfläche in Fäulnis begriffen, ebenso Fische, welche weit verschickt werden. Wenn solche Fleischstücke gehörig gewaschen werden, am besten mit Wasser, dem man etwas Kaliumpermanganat zusetzt, dann lässt sich gegen den Genuss desselben nichts sagen. Geht die Fäulnis weiter ins Innere, dann sollten wir es freilich lieber nicht genießen.

Vierunddreissigste Vorlesung.

Pflanzliche Nahrungsmittel.

Hülsenfrüchte. — Cerealien. — Mehl. — Brod. – Backpulver. – Mehlspeisen. — Stärke und Zucker. — Mutterkorn. — Verfälschungen und Vergiftungen. — Pilze, Algen und Flechten. — Andre Vegetabilien.

Hülsenfrüchte.

287. Dem Fleische am nächsten stehen unter den pflanzlichen Nahrungsmitteln die Leguminosen oder Hülsenfrüchte. Sie enthalten in verhältnismäßig großer Menge einen leicht verdaulichen Eiweißkörper, Legumin, welches dem Kasein nahe steht, neben geringen Mengen andrer Eiweißkörper und großen Mengen stickstofffreier Nahrungsstoffe (etwas Fett und viel Stärke). Bohnen, Erbsen, Linsen sind die Hauptvertreter dieser Gruppe. Sie enthalten im Durchschnitt in 100 Gewichtsteilen etwa 23 N-haltige und 50 N-freie Nahrungsstoffe.

Wegen dieses hohen Stickstoffgehalts verdienen die Leguminosen als Ergänzung und teilweises Ersatzmittel für animalische Kost große Beachtung. Leider sind sie in ihrer Struktur so beschaffen, dass das in ihnen enthaltene Eiweiß, das Legumin, der Verdauung schwer zugänglich und dass wegen der beigemischten Stärke die Ausnutzung im Darmkanal eine unvollkommene ist. Entweder ist die Zubereitung der Art, dass die Früchte noch ihre Form behalten, dann geht ein großer Teil des Eiweißes wegen der Umschließung mit Zellulose unverdaut ab; oder aber man zerkocht die Früchte zu einem Brei, dann entsteht wegen des hohen Stärkegehalts schon bei sehr geringer Menge eine kleisterartige Masse, von der man nicht viel genießen kann. Man hat deshalb Versuche gemacht, die wertvollen Substanzen der Hülsenfrüchte aufzuschließen durch ganz feines Zermahlen. Ob damit aber sehr viel genützt wird, ist fraglich, denn der Nachteil der kleisterartigen Masse, die sehr schnell sättigt, kommt immer hinderlich in den Weg. Noch nicht genügend ausgebeutet ist ein Verfahren, die Stoffe nutzbar zu machen, dadurch, dass man das gewonnene Mehl mit überhitztem Wasserdampf behandelt, wodurch ein größerer oder geringerer Teil der Stärke in Dextrin übergeht, dadurch löslich wird, und eine viel größere Menge davon zu einer schmackhaften und nahrhaften Speise verwendet werden kann. Der

eigentliche Erfinder dieser Methode ist der vor einigen Jahren verstorbene Koch Grüneberg in Berlin, der während des französischen Krieges dieses Verfahren benutzt hat zur Herstellung der Erbswurst. Das mit Wasserdampf behandelte Erbsenmehl wurde mit Fett, Schweinsohren und Gewürzen in Wurstform gestopft und getrocknet, so dass es sich lange aufbewahren ließ. Es that zeitweise außerordentlich gute Dienste, wie ich aus eigner Erfahrung sagen kann. Für die Haltbarkeit von Wert war der Ersatz der sonst zu Würsten benutzten Därme durch Hülsen von Pergamentpapier. Solche zweckmäßige Zusammenstellungen von Ersatzmitteln für Fleisch sind für den Krieg und ähnliche Fälle nicht gering zu achten und auch für die Volksernährung, für Gefangenenanstalten, Volksküchen etc. würden sie mehr Beachtung verdienen, als ihnen bis jetzt zu Teil geworden ist.

288. Die an Stickstoff ärmern, vorzugsweise wegen ihres Stärke- Cerealien.
gehalts geschätzten und sehr wertvollen Cerealien und ihre Präparate, Mehl, Brod etc. sind neben den bisher besprochenen Nahrungsmitteln eine wichtige Ergänzung der Ernährung; sie müssen sogar bei vielen Menschen den Hauptanteil der Nahrung liefern. Wenn wir ein Getreidekorn auf seine Zusammensetzung untersuchen, so finden wir, dass es vorzugsweise aus Stärkemehl besteht. Nur in geringen Mengen finden sich auch Eiweißkörper, besonders Kleber. Dieser ist nicht gleichmäßig mit dem Stärkemehl vermischt, sondern die äußern Schichten sind reich daran, während die innern fast gar nichts davon enthalten und nur aus Zellen bestehen, welche mit Stärkekörnchen angefüllt sind (der sogenannte Mehlkern). Die Kleberschicht wird zunächst von einer zarten Haut (der Samenhaut) und dann von einer starken zellulosehaltigen Schale, der Oberhaut, umschlossen. Bei der Zubereitung zu Mehl gehen die äußern Schichten fast gänzlich verloren; die feinsten, weißesten Mehlsorten werden aus dem Innern des Korns gewonnen, das sogenannte Kernmehl, welches am teuersten ist, aber gerade dies ist am eiweißärmsten. Will man das Getreidekorn als ganzes verwerten, so kann man es einkochen; besonders bei jungem, unreifem Getreide geschieht das unter dem Namen des Grünkorns, entweder als Zusatz zu Suppen oder als Gemüse. Meist aber wird das Korn vorher einer mechanischen Behandlung unterworfen. Diese kann eine verschiedene sein. Wird es nur durch grobe Walzen oder Mühlsteine, die weit von einander stehen, zerbrochen, so nennt man das Schroten. Dies geschieht nur zum Zwecke der Viehfütterung. Wird das Getreide

durch Mühlsteine seiner Hüllen beraubt und der Rest in eine rundliche Form gebracht, so spricht man von Graupen oder, wenn feiner zerrieben, von Grütze, endlich, wenn es ganz fein gemahlen ist, von Mehl.

Mehl. 289. Der Mehlbereitung müssen die Prozesse des Schälens vorhergehen: Das Getreidekorn geht durch eine Reihe von Mühlsteinen, von weiter zu enger gestellten, wobei die ersten Steine die Körner zunächst schälen und die äußere Schicht, welche die Kleie gibt, abreiben. Diese Kleie enthält den größten Teil des Klebers. Das so seiner äußern Schicht beraubte Getreide wird in den spätern Mahlgängen zerrieben und in Mehl verwandelt, und durch das Beuteln d. h. durch feine und immer feinere Siebe in verschiedene Mehlsorten geschieden. Da nun die äußern Schichten den Kleber und die sogenannten Nährsalze in viel höherm Prozentsatz enthalten als die innern, so ist besonders von Liebig die Lehre aufgestellt worden, dass diese äußern Schichten, die wir in der Regel nur zur Herstellung groben Brodes verwenden oder zur Fütterung des Viehes, eigentlich die wertvollsten seien, und es sind die verschiedensten Verfahren versucht worden, um diese Kleber- und salzreichen äußern Schichten zur Bereitung des Brodes verwertbar zu machen. Diese äußern Schichten sind aber wegen ihres großen Zellulosegehaltes schwierig fein zu mahlen, die Mühlsteine nutzen sich stark ab, und das gewonnene Produkt ist mit so viel abgeriebenen Bestandteilen derselben gemischt, dass es an Wert verliert. Außerdem sieht solches Mehl braun und unansehnlich aus. Wenn also auch unzweifelhaft das Kleienmehl reicher an Kleber und Salzen ist, als das Kernmehl, und der Kleber als Eiweißkörper einen höhern Nährwert hat, so wird doch dieser höhere Wert der äußern Schichten noch wesentlich beeinträchtigt durch andre Umstände. Wenn man die Kleie unter dem Mikroskop betrachtet, so sieht man die Trümmer der äußern Schale in Gestalt von feinen Splittern mit sehr scharfen Kanten und Spitzen. Sie gibt daher beim Backen ein Brod, welches durch seine mechanische Beschaffenheit die Darmwand sehr energisch reizt. Das kann unter Umständen nützlich sein bei Menschen, welche an habitueller Verstopfung leiden. Diesen kann man raten, besonders wenn sie sonst in der Lage sind, sich gut und reichlich zu nähren, Kleienbrod oder das nach Liebig's Rezepten mit Benutzung der äußern Schichten bereitete Brod zu essen. Aber wer ein solches Mittel nicht braucht, wird den kleinen Vorteil aus dem Genuss des Klebers und der Nährsalze erkaufen müssen durch einen großen Verlust der Nährstoffe, die er sonst genießt. Denn wenn diese in Folge der beschleunigten

Peristaltik auch in kürzerer Zeit als sonst den Darm durchwandern, so wird ein größerer Teil derselben nicht ausgenutzt werden; es wird also ein Verlust in der Ernährung statt haben. Isst ein Mensch überhaupt zu viel, so kann das vielleicht ganz nützlich sein; wenn aber die armen Leute darauf angewiesen sind, so ist das für sie geradezu ein Schaden. Wenn wir nun von dem eigentlichen Mehl nichts weiter verlangen, als dass es einen mäßigen Klebergehalt (denn ein solcher ist auch im Kernmehl vorhanden und zur Teigbereitung unbedingt notwendig) und daneben reichlichen Stärkegehalt hat, so versteht sich, dass man von solchem Brod allein nicht leben kann, sondern dass man es nur als Zusatz braucht zu den Eiweißkörpern, die auf andre Weise geliefert werden.

290. Wenn wir Mehl aus Weizen, Reis etc. herstellen, dadurch Brod.
dass wir die Substanzen fein zerreiben zur Zerreißung der Zellhäute, und solches Mehl oder fein zerkleinerte Kartoffeln mit Wasser schlemmen, so dass alle Eiweißkörper entfernt werden, so setzt sich eine feine mehlartige Masse zu Boden, welche aus den einzelnen Stärkekörnern besteht, die je nach der Pflanzengattung verschiedene Formen haben. Diese bilden das sogenannte Satzmehl. Aus demselben kann man durch Zusatz von Wasser, Zucker, Eiern, Fett gewisse Produkte herstellen, wie die Sandtorten etc. Aber es ist kein Material, aus dem man Brod machen kann. Um Brod zu bereiten, muss man einen Teig haben, und dieser entsteht nur, wenn wenigstens etwas Kleber dem Stärkemehl beigemischt ist. Der Kleber quillt im Wasser auf und bildet eine zähe Masse, welche die Stärkekörnchen zusammenhält. Kocht oder backt man diese, so erhält man Produkte, welche nur sehr schwer von den Verdauungssekreten angegriffen werden, besonders wenn noch Fett hinzukommt, welches die Stärkeklümpchen umhüllt. Durch die Einwirkung der Hitze wird die Stärke zum Teil in Kleister verwandelt, und die so hergestellten Gerichte gehören zu den Speisen, welche am schlechtesten im Darmkanal ausgenutzt werden. Bei dem Brod aber ist die Sache anders. Nachdem der Brei angerührt ist, läßt man den Teig erst aufgehen. Zu diesem Zweck setzt man Hefe zu und stellt den Teig an einen warmen Ort. Es geht nun eine weinige Gärung vor sich unter Alkohol- und Kohlensäure-Bildung. Diese letztere sucht sich auszudehnen, weil aber das ganze durch den Klebergehalt eine zähe Beschaffenheit hat, so bleibt sie eingeschlossen und bildet Hohlräume, welche vom Teig umschlossen sind. Bei dem nachfolgenden Backen dehnt sich die Kohlensäure stark aus und zieht den zähen Teig noch

weiter auseinander, so dass die Hohlräume größer und die Zwischenwände dünner werden. Dieses Auflockern des Brodes ist gerade für die Verwertbarkeit wichtig. Wenn wir einen kompakten Teig kauen würden, so würde der Speichel in die Lücken nur spärlich eindringen und wenig zuckerbildend auf die Substanz einwirken. Bei dem lockern Brod aber kann der Speichel besser einwirken. Die Verdaulichkeit des Brodes hängt daher von der Güte der Vorbereitungen ab. Man hat durch Versuche festgestellt, dass der Verlust von genossenem Brode verschieden ist, je nach der Struktur desselben. Bei den feinsten Sorten Bisquit gehen 5—7 % in den Kot über, bei den gröbern Brodsorten steigt der Verlust bis auf 17—20 %.

Backpulver. **291.** Die Methode der Auflockerung durch Anwendung von Sauerteig gibt Anlaß zur Gärung. Der Alkohol verflüchtigt sich durch das Backen, ebenso die Kohlensäure, es dringt wieder gewöhnliche Luft ein, aber die Hauptsache ist, dass wir die Ausdehnung des Brodes in lauter dünne Blättchen erzielen. Damit diese Entwicklung von Alkohol und Kohlensäure unter dem Einfluss der zugesetzten Hefe zu Stande komme, muss Zucker vorhanden sein. Dieser ist in geringer Menge im Mehl schon vorgebildet, er entsteht aber auch unter der Einwirkung der Hefe aus dem Stärkemehl. Außerdem wird noch bei dem spätern Backen durch Einwirkung der hohen Temperatur ein Teil der Stärke in Dextrin und Zucker verwandelt. Zugleich werden durch die große Hitze die Hefepilze getötet, so dass eine weitere Zerlegung des Zuckers und der Stärke nicht mehr erfolgen kann. Zur Entwicklung der Hefe sind aber auch Eiweißkörper nötig und diese liefert der Kleber. Daher ist derselbe in gewissem geringem Prozentsatz immer nötig, damit ordentliches Brod entstehen kann. Manche deutsche Weizensorten, welche arm an Kleber sind, liefern deshalb ein Mehl, das zum Brodbacken nicht geeignet ist, weshalb man sie beim Vermahlen mit kleberreichem russischen Weizen mischt. Wenn die Hefe nicht gut im Teige verteilt ist, so bekommt das Brod kleistrige Stellen.

Mit der Einwirkung der Hefe ist also ein Verlust an Kleber, Stärke und Dextrin verbunden. Außerdem entstehen neben Alkohol und Kohlensäure immer auch geringe Mengen Essig- und Milchsäure, namentlich im Roggenbrot, welche diesem den bekannten etwas säuerlichen Geschmack erteilen. Man hat versucht, diese kleinen Nachteile zu vermeiden, indem man die Kohlensäure zur Auftreibung des Teigs auf andre Weise erzeugt, z. B. indem man während des Knetens verdünnte Salzsäure zugießt, nachdem man dem Mehl Natriumbikar-

bonat zugesetzt hat. Statt der Salzsäure kann man auch Weinsäure anwenden, welche trocken dem Natriumbikarbonat beigemischt ist und ihre Wirkung beginnt, sobald das Wasser hinzukommt. Man kann auch andre Gemenge von Salzen zusetzen, aber immer muss darunter ein leicht Kohlensäure abgebendes und ein die fixe Säure zur Austreibung der Kohlensäure enthaltendes sein. Solche Backpulver, besonders Mischungen, welche auch phosphorsaure Alkalien enthalten, zum Ersatz der mit der Kleie aus dem Mehle verloren gegangenen, sind von Liebig nachdrücklich empfohlen worden. Legt man auf ihren Genuss, wie Liebig thut, großen Wert, so ist es jedenfalls rationeller sie in Gestalt von chemisch hergestellten Salzen dem Mehle beizumischen, als um ihretwillen die Kleie mit zu verwenden. Das Horsford-Liebig'sche Backpulver besteht aus saurem Calciumphosphat, Natriumbikarbonat und Chlorkalium. Beim Erhitzen treibt die Phosphorsäure die Kohlensäure aus, welche den Teig auflockert, und es entsteht Chlornatrium und Kaliumphosphat.

In den modernen großen Bäckereien, in denen das Kneten des Teigs mit Maschinen geschieht, verwendet man auch Wasser, welches unter hohem Druck mit Kohlensäure gesättigt ist.

292. Neben dem Brod werden noch viele andre Speisen aus Mehl bereitet. Mehlspeisen. Jedenfalls bilden die Mehlspeisen einen sehr wichtigen Bestandteil der gesamten Ernährung und besonders für die schwer arbeitende Klasse ist eine bedeutende Menge von Mehl bei der Ernährung notwendig, weil es die billigste und zweckmäßigste Quelle ist, aus der dem Organismus eine große Menge von Kohlenstoff zugeführt werden kann. So gering der Eiweißgehalt der Cerealien auch ist, so muss dennoch das Mehl bei der ärmern Bevölkerung auch den Eiweißbedarf zum großen Teil decken, weil sie sich Fleisch nicht in genügender Menge verschaffen kann. Freilich müssen dann verhältnismäßig große Mengen davon genossen werden, und das erschwert wieder die volle Ausnützung derselben. Um so wichtiger ist es deshalb, beim Brode auf gute, lockere Beschaffenheit und bei den übrigen Mehlspeisen auf rationelle Zubereitung zu sehen. Mangelhaft bleibt aber eine solche Ernährung immer. Und darum hat man vielfach versucht, eine bessere Kost billig herzustellen durch Mischung der Cerealien mit Fleischpulver oder ähnlichen Stoffen, welche als Fleischzwieback oder unter ähnlichen Namen angeboten werden. Für besondre Zwecke z. B. zur Verproviantirung von Armeen können derartige Präparate unter Umständen sehr nützlich sein; für den

gewöhnlichen Bedarf haben sie bis jetzt keine große Bedeutung gewinnen können.

Von den bei uns vorzugsweise zur Nahrung für Menschen benutzten Cerealien sind zu nennen: der Weizen (*Triticum vulgare* und andre Spezies), der Speltweizen (*Triticum spelta*), Emmer (*Triticum amyleum*), Einkorn (*Triticum monococcum*), Roggen (*Secale cereale*), Gerste (*Hordeum polistichon*), Hafer (*Avena sativa* und *Avena orientalis*), Mais (*Zea Mais*), Reis (*Oryza sativa*), Hirse (*Panicum miliaceum* und *Panicum italicum*). Zwar zu einer andern Pflanzengattung gehörig, aber in seiner Verwendung ähnlich den Cerealien ist der Buchweizen (*Polygonum fagopyrum* und *Polygonum tartaricum*). Die eigentliche Brodfrucht ist für Deutschland der Roggen und daneben der Weizen, Gerste wird hauptsächlich in Form von Gries und Graupen genossen, Hafer als Grütze, Hirse als Brei. Mais wird in Deutschland wenig angebaut, in Italien und in andern Ländern wird er viel genossen, in Südamerika auch als Brod. Reis ist für alle südlichen Länder das Hauptgetreide und wird auch bei uns vielfach verwendet. Diese beiden letztern Getreidesorten werden in Deutschland in großen Mengen eingeführt. Aber auch von den bei uns wachsenden Getreidesorten vermag unser Land lange nicht den ganzen Bedarf zu erzeugen, so dass wir auf die Einfuhr aus Russland, den Donauländern, Amerika, Indien u. s. w. durchaus angewiesen sind.

Stärke und Zucker.

293. Aus einzelnen der hier aufgeführten Cerealien, dann aber auch aus Kartoffeln und andern Pflanzenteilen wird die Stärke fabrikmäßig hergestellt, um als „Kraftmehl" zur Herstellung von Backwaren aller Art oder auch (in Zusammensetzung mit Milch) in Breiform Verwendung zu finden. Am gebräuchlichsten sind Kartoffel-, Weizen-, Mais- und Reis-Stärke, welche sich durch die Form und Größe ihrer Stärkekörner unterscheiden. Arrow-Root ist eine sehr feinkörnige Stärke aus verschiedenen Pflanzen (Wurzeln der *Maranta arundinacea*, *Manihot utilissima*, *Arum esculentum* u. a., Früchte der Banane u. s. w). Sago ist zum Teil in Kleister verwandelte Stärke aus dem Mark der Sagopalme, Tapioca ist in ähnlicher Weise aus Manihot-Stärke hergestellt.

Wegen ihres Gehalts an Stärke werden auch viele Wurzelgewächse genossen; vor allen die Kartoffel und die Topinambur (*Helianthus tuberosus*). Andre enthalten daneben noch Zucker: die Zucker- oder Runkelrübe (*Beta vulgaris*, *Beta altissima*), welche bis zu 15% Zucker enthalten kann; die Möhre oder Mohrrübe

(*Daucus carota*), die Kohlrübe (*Brassica rapa*) und viele Spielarten, die als Gemüse genossen werden. Aus den Zuckerrüben bei uns und dem Zuckerrohr (*Saccharum officinale*) in den Tropen, in geringern Mengen aus dem Zuckergras (*Sorghum saccharatum*) dem Zuckerahorn (*Acer saccharinum*) in Nordamerika wird der Zucker abgeschieden, um als Nahrungmittel zu dienen. Es ist sehr zu bedauern, dass dieses wichtige und sehr nützliche Nahrungsmittel bei uns infolge einer verkehrten Besteuerungsart künstlich so verteuert wird, dass sein Verbrauch geringer ist als in andern Ländern, welche dasselbe von uns beziehen.

294. Wenn wir untersuchen, ob durch die Cerealien bzw. das aus ihnen gewonnene Mehl unter Umständen gesundheitlicher Schaden angerichtet werden kann, so ist vor allem zu erinnern an das Mutterkorn (*Secale cornutum*), welches auf Roggen und andern Gräsern (auch Weizen und Gerste) vorkommt. Es wird hervorgerufen durch einen Pilz (*Claviceps purpurea*), dessen Mycelium im Fruchtknoten der jungen Blüte wuchert und diese schnell zerstört. Die Sporen desselben sind in einer milchigen, süß schmeckenden Flüssigkeit (Honigtau) enthalten, und werden mit derselben leicht weiter verbreitet. Aus ihnen entsteht ein Sclerotium genannter Ruhezustand, das eigentliche Mutterkorn, welches aus den Spelzen hervortritt und zu Boden fällt, wo es dann Sporenschläuche entwickelt, aus denen fadenförmige Sporen hervorkommen. Diese gelangen wieder in die Blüten, wodurch der Kreislauf von neuem beginnt. In dem Mutterkorn ist das Ergotin und Ekbolin enthalten. Die Wirkung eines durch Mutterkorn verunreinigten Mehls ist eine Krankheit, welche unter Umständen epidemisch werden kann. Diese sogenannte Kriebelkrankheit tritt in zwei Formen auf, in der brandigen Form, bei welcher einzelne Gliedmaßen brandig und abgestoßen werden und in der Krampfform, welche sich in Krämpfen bis zu Tetanus äußert. In den Anfangsstadien haben beide Formen als Symptome Kolik, Schmerzen, Schwindel etc. Wahrscheinlich ist es dieselbe Krankheit, welche in frühern Jahrhunderten, besonders im 9.—13., unter dem Namen des St.-Antoniusfeuers als Volkskrankheit auftrat. Dass sie jetzt seltner geworden ist, hängt zusammen mit der bessern Art der Bewirtschaftung der Äcker.

Mutterkorn.

295. Verfälschungen des Mehls kommen vielfach vor. In betrügerischer Absicht wird das Mehl vermischt mit Substanzen, welche entweder einen geringern Wert haben (Weizenmehl mit Roggenmehl, Kartoffelstärke u d. g.) oder auch schädlich sind. Das Mischen hat

Verfälschungen und Vergiftungen.

häufig den Zweck, verdorbnes Mehl wieder ansehnlich oder zum Backen geeigneter zu machen (Alaun, Zinksulfat etc.) oder auch das Mehl schwerer erscheinen zu lassen (Kreide, Gips, Schwerspat u. a.). Endlich kommen auch unabsichtliche Verfälschungen vor, welche schädlich werden können. Wenn die Mühlsteine schadhaft werden, so kann man sie wieder brauchbar machen, indem man sie abhaut. Statt dessen gießen einige Müller die Lücken mit Blei aus, und so kommt beim Mahlen das Blei in das Mehl und bewirkt Bleivergiftungen. Oder es werden die Achsen mit Blei in den Steinen festgegossen und dadurch entsteht dasselbe. Wir werden auf einzelne dieser Vergiftungen noch zurückkommen. Manche Verfälschungen sind sehr leicht zu erkennen. Wenn man Mehl mit Wasser anrührt, so wird eine Vermischung mit Schwerspat, Gips etc. leicht zu erkennen sein, da diese schnell zu Boden sinken. Eine genaue Bestimmung der Verfälschung lässt sich aber nur durch eine Aschenanalyse bewirken. Dagegen bei andren Verfälschungen, so um zu sagen, ob zu Weizenmehl Roggenmehl oder Kartoffelstärke hinzugemischt ist, kann eine mikroskopische Untersuchung nützlich sein, weil die Stärkekörner verschiedner Pflanzen verschiedne Formen haben.

Pilze, Algen und Flechten.

296. Von hervorragender hygienischer Bedeutung sind die Pilze, weil sie zwar einen hohen Nährwert haben, durch das Vorkommen giftiger Stoffe in einigen Arten aber häufig Unheil anrichten. Entschieden giftig und daher ganz vom Genuss auszuschließen sind von den einheimischen Pilzen folgende: Fliegenschwamm (*Agaricus muscarius L.*), Knollenblätterschwamm (*Agaricus phalloides*), Frühlingsblätterschwamm (*Agaricus vernus*), Pantherschwamm (*Agaricus panthericus*), Gift- oder Birkenreizker (*Agaricus terminosus*), Speiteufel (*Agaricus emeticus*), Rissiger Blätterschwamm (*Agaricus rimosus*), Orangefarbner Faltenschwamm (*Cantharellus aurantiacus*), Satanspilz (*Boletus Satanas*). Von niedern Pilzen ist das Mutterkorn schon erwähnt worden; noch andre, welche die Fäulnis eiweißhaltiger Körper bewirken, können dadurch schädlich werden, während wieder andre, welche die Ursache der Infektionskrankheiten abgeben, nicht als Speisen in Betracht kommen und darum an spätrer Stelle Erwähnung finden werden.

Genießbare Pilze sind vorzugsweise: Champignon (*Agaricus campestris* und andre Spezies), Trüffel (*Tuber cibarium*), Steinmorchel (*Helvella esculenta*), Speisemorchel (*Morchella esculenta*, *Morchella conica*), Hahnenkamm (*Clavaria flava*), Steinpilz (*Boletus edulis* u. a. Spezies). Im ganzen gibt es bei uns etwa

40 Arten genießbarer Speiseschwämme. Es ist jedoch zu bemerken, dass auch durch die sonst unschädlichen Morcheln zuweilen Vergiftungen vorkommen. Man hat früher geglaubt, dass dies durch ein nach dem Sammeln eintretendes nachträgliches Verderben zu erklären sei, und hat daher geraten, die Pilze nur im frischen Zustande zu essen. Andre wieder nahmen an, die Pilze könnten zu manchen Zeiten giftig sein, zu andern nicht, oder es hänge von dem Standort ab, auf dem sie wachsen. Professor Bostroem hat aber bei einem in unsrer Nachbarschaft (bei Forchheim) vorgekommenen Vergiftungsfall nachgewiesen, dass die Morcheln (ob alle?) immer ein Gift enthalten, welches durch heißes Wasser ausgezogen wird. Wenn man also die Morcheln kocht und die Brühe fortgießt, so sind sie unschädlich. Wenn man sie aber kurz einkocht und die Brühe mitgenießt, so sind sie giftig. Um jedoch durch die Extraktion keine nahrhaften Eiweißstoffe zu verlieren, wird es sich empfehlen, die Pilze mit kochendem Wasser zu übergießen und darin kurze Zeit zu kochen, dieses Wasser fortzuschütten, und dann erst zur eigentlichen Zubereitung zu schreiten. Und zwar möchte ich dieses Verfahren nicht bloß für Morcheln, sondern für alle essbaren Schwämme empfehlen, nur für die ganz unzweifelhaft unschädlichen (Trüffel, Champignon, Steinpilz etc.) wären Ausnahmen zulässig.

Der Nährwert der Pilze beruht auf ihrem hohen Stickstoffgehalt, welcher dem der Leguminosen gleichkommt. Stärke enthalten sie nicht, aber viel Mannit und Traubenzucker. An Mineralstoffen sind die Pilze sehr reich, besonders an Kaliumverbindungen; da diese giftig sind, so empfiehlt sich schon aus diesem Grunde das oben beschriebene Verfahren der Extraktion und des Fortschüttens des ersten Aufgusses.

Auch Algen und Flechten werden genossen; am bekanntesten ist die Verwendung des isländischen und Carragheenmooses zur Bereitung von Gelées. Das isländische Moos (Panzerflechte, *Cetraria islandica*) enthält eine dem Inulin verwandte Stärkeart, welche nach Behandlung mit heißem Wasser beim Erkalten zu einer Gallerte gesteht; wahrscheinlich ist es derselbe Körper, welcher in der Alge Carragheen (irisches Moos, *Sphaerococcus crispus*) vorkommt. Diese und andre Flechten und Algen werden von den Bewohnern der Nordländer, in Irland, China, Japan zu Mehl verarbeitet, aus dem Brot gebacken und andre Speisen hergestellt werden. Auch mehrere Seetangarten werden in Schottland, Irland, auf den Farör- und Orkney-Inseln u. s. w. gegessen. Unter dem Namen Agar-Agar kommt ein

auf Ceylon aus *Euchema spinosum* und andren Tangarten bereitetes Präparat zu uns, welches in Wasser gekocht eine wohlschmeckende Gallerte gibt. Derselbe Stoff soll auch in den essbaren Vogelnestern enthalten sein, welche von den Vögeln (Salangaschwalbe) aus allerlei Stoffen zusammengesetzt werden unter Benutzung eines Kleisters, der aus dem von ihnen verzehrten und wieder ausgebrochenen Tangen entsteht.

Andre Vegetabilien.

297. Von den unzähligen Früchten, Samen, Wurzeln, Knollen und sonstigen Pflanzenteilen, welche sonst noch genossen werden, will ich nicht ausführlicher reden. Die meisten von ihnen enthalten Stärkemehl als Hauptbestandteil, Eiweiß, Zucker, daneben aber noch Pflanzensäuren und ätherische Öle, so dass sie zum Teil weniger als Nahrungsmittel, sondern viel mehr als Genussmittel dienen. Dies gilt insbesondre von den Obstfrüchten. Die in ihnen enthaltenen Pflanzensäuren sind Äpfelsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure u. a., teils im freien Zustande, teils an Alkalien und Erden gebunden als saure Salze. Die Pflanzensäuren werden im Organismus zum Teil in Kohlensäure verwandelt und als kohlensaure Salze ausgeschieden; sie erleiden also eine Oxydation und können daher Wärme und Arbeit leisten, sind also nach unsrer Definition (§. 235) wahre Nahrungsstoffe. Weil aber die Verbrennungswärme dieser Säuren sehr gering ist und niemals große Mengen von ihnen genossen werden können, so tritt ihre Bedeutung als Nahrungsstoffe gänzlich hinter der als Genussmittel zurück. Dasselbe gilt noch viel mehr von den ätherischen Ölen der Pflanzenstoffe und endlich im höchsten Grade von den Alkaloiden, die geradezu typische Genussmittel sind.

Viele Früchte werden, um sie besser aufbewahren zu können, eingekocht, meist unter Zusatz von Zucker, weil in den konzentrirten Zuckerlösungen Pilzvegetation und darum ein Verderben unmöglich ist. Schon wegen des hohen Zuckergehalts sind dann solche Präparate auch nahrhaft und können andre Kohlehydrate in der Nahrung vertreten. So genießen die Engländer sehr große Mengen solcher Fruchtzurichtungen (Marmeladen oder Jams) als Zuspeisen zu Fleisch oder Brot an Stelle der bei uns für denselben Zweck üblichen Butter. Bei diesem Einkochen bewirkt das in den Früchten enthaltene Pektin das Gelatiniren der Lösungen, wenn die Früchte ganz zerkocht und die unlöslichen Teile durch Abseihen entfernt worden sind. In Frankreich ist es sehr gebräuchlich, ganze Früchte, Äpfel, Birnen u. a. in Branntwein eingelegt aufzubewahren und aus demselben oder mit ihm zu verzehren.

Mit viel Wasser gekocht und mit Zucker versetzt geben die Früchte allerlei Fruchtsäfte, welche als erfrischende und angenehme Getränke, als Zusätze zu Speisen, zur Bereitung von Saucen u. s. w. Verwendung finden. In Gärung versetzt dienen sie zur Herstellung von Obstweinen; gebrannt geben sie Fruchtbranntweine.

Manche Früchte und Samen sind sehr reich an fetten Ölen, welche durch Auspressen gewonnen und als Speiseöle verwendet werden. Oliven, Mohnsamen, seltener Leinsamen und Bucheckern werden zur Gewinnung von Speiseölen benutzt. Die in allen Pflanzen vorkommenden festen Fette werden zu Nahrungszwecken nicht besonders dargestellt, sondern nur mit den andern Stoffen nebenher mitgenossen. Die flüchtigen Öle sind wichtige Bestandteile der Gewürze, denen sie ihr charakteristisches Aroma und ihren Geschmack verleihen; außerdem enthalten die Gewürze auch noch spezifische Basen oder Säuren.

Fünfunddreissigste Vorlesung.

Die Milch.

Emulsionen. — Fettkügelchen der Milch. — Aufrahmung der Milch. — Butter und Buttermilch. — Käse und Molken — Sauerwerden der Milch. — Verhüten der Säuerung. — Verschiedenheit von Frauen- und Tiermilch. — Wechselnde Beschaffenheit der Frauenmilch. — Ersatz derselben durch Kuhmilch.

Emulsionen. **298.** Bei der Besprechung der Milch, eines der wichtigsten und interessantesten aller Nahrungsmittel, haben wir zu unterscheiden zwischen der Frauenmilch, welche von der Mutterbrust gewonnen wird, und der Tiermilch, welche teils als Ersatz für diese, teils auch sonst zur Ernährung benutzt wird und aus der gewisse Präparate, Butter, Käse, etc. hergestellt werden. Die Milch aller Tiere hat natürlich eine sehr ähnliche Zusammensetzung, jedoch kommen Unterschiede in der Beschaffenheit und in den relativen Mengenverhältnissen der in ihr enthaltenen Nährstoffe vor, und auch bei derselben Tierart kleinere Differenzen, je nach dem Nahrungszustand etc.

Zunächst das Gemeinsame: Die Milch ist eine weiße Flüssigkeit, welche besteht aus Wasser, in dem Salze, Milchzucker und Eiweißkörper (hauptsächlich Kasein) gelöst enthalten sind und in dem Fettkügelchen schweben. Sie ist also eine Emulsion, wie wir sie auch im Pflanzenreiche als sogenannten Milchsaft auftreten sehen, während wir künstliche Emulsionen herstellen können, indem wir Fett mit Wasser entweder durch Schütteln oder Verreiben so mischen, dass das Fett in kleinen Tröpfchen darin verteilt ist. Wenn wir einfach flüssiges Fett mit Wasser zusammenbringen, so schwimmt das Fett obenauf. Schütteln wir das Fett, so verteilt es sich in kleine Tröpfchen, scheidet sich aber wieder sehr schnell vom Wasser. Um dieses zu verhindern, kann man einen Kunstgriff gebrauchen, indem man dem Wasser etwas zusetzt, was es zähe macht und daher dem Aufsteigen der Fetttröpfchen Widerstand leistet, z. B. Eiweiß, Gummischleim etc. Bringen wir eine solche künstlich hergestellte Emulsion unter das Mikroskop, so sehen wir die Fettkügelchen einzeln in dem Wasser. Lassen wir diese Emulsion stehen, so steigen die Fettkügelchen langsam, aber sicher in die Höhe und bilden oben eine zusammenhängende Fettschicht. Daher müssen wir bei Verordnung

von Emulsionen den Patienten vorschreiben, dass er die Arzenei vor dem Einnehmen tüchtig schüttelt.

299. Wenn wir Milch stehen lassen, so zeigt sich auch hier, dass das Fett in die Höhe steigt und die Rahmschicht bildet, aber ein geringes Schütteln genügt, um den alten Zustand herzustellen. Um dies zu erklären, hat man angenommen, dass in der Milch jedes Fettröpfchen von einer Haut umhüllt ist, und diesem Umstand schreibt man es zu, dass, wenn die Fettröpfchen in die Höhe steigen, sie nicht zu einer Masse zusammenfließen, sondern getrennt bleiben und sich leicht wieder verteilen lassen. Wir können ähnliche Hüllen künstlich erzeugen durch Zusammenbringen von Öl und Eiweiß: Wenn wir auf einen Objektträger einen Tropfen Olivenöl und einen Tropfen Hühnereiweiß neben einander setzen und bei schwacher Vergrößerung beobachten, was beim Zusammenfließen der Tropfen erfolgt, so sehen wir, dass in dem Augenblick, wo sich Öl und Eiweiß berühren, an der Berührungsfläche sich eine glänzende Haut ausscheidet, die trotz ihrer Feinheit ziemlich derb ist. Das ist die sogenannte Haptogenmembran von Dr. Ascherson. Als diese Entdeckung gemacht wurde, erregte sie ungeheures Aufsehen. Man glaubte auf das Geheimnis der Zellenbildung gekommen zu sein. Die chemische Ursache dieser Membranbildung ist die folgende: Die Eiweißsorten sind von einander verschieden, aber immer enthalten sie, wenn sie gelöst sind, etwas Alkali, und wenn ihnen dieses entzogen wird, so werden sie unlöslich. Fett dagegen ist eine Zusammensetzung von Fettsäuren und Glyzerin und die Fettsäuren haben sehr nahe Verwandtschaft zu den Alkalien. Bringt man also Eiweiß und Fett zusammen, so entsteht eine Wechselwirkung; das Fett wird teilweise verseift und etwas Eiweiß scheidet sich in unlöslicher Form als Membran aus. Dass die Membranen, welche manche Zellen im Organismus umhüllen, nicht solche Eiweißkörper sind und nicht auf so einfache Weise entstehen, hat man bald gefunden.

Fettkügelchen der Milch.

Der Eiweißkörper, welcher in der Milch hauptsächlich vorkommt, das Kasein, unterscheidet sich von Hühner- und Serumeiweiß in seinen Reaktionen. Es hat in mancher Beziehung Ähnlichkeit mit dem Kalialbuminat, erhält aber durch das im Milchplasma gelöste Calciumphosphat besondre Eigenschaften, namentlich die Fällbarkeit durch Lab. Neben dem Kasein kommt aber noch in geringen Mengen wirkliches Kalium- und Natriumalbuminat, etwas Serumeiweiß und ein Körper vor, der sich wie Pepton verhält. Es würde also die oben erwähnte Annahme, dass jedes Fettkügelchen in der Milch von

einer Haptogenmembran umgeben sei, immerhin sich rechtfertigen lassen. Dennoch wird sie von hervorragenden Forschern angezweifelt.

Aufrahmung der Milch.

300. Lässt man die Milch stehen, so steigt das Fett langsam in die Höhe und die Milch teilt sich in einen fettreichen und einen fettarmen Teil. Letzterer ist nicht wertlos, nur nicht so wertvoll wie die Gesamtmilch. Daher ist es überall erlaubt, abgerahmte Milch zu verkaufen, aber unter dieser Bezeichnung und zu einem geringern Preis, während die obere Schicht, der Rahm oder die Sahne, wenn sie abgehoben und für sich zum Verkauf ausgeboten wird, dann einen höhern Marktwert hat. Will man die Milch möglichst vollständig von ihrem Rahmgehalt befreien, so genügt das lange Stehenlassen nicht, besonders deswegen, weil sie sehr leicht unterdessen sauer wird. Man hat daher künstliche Apparate angefertigt, durch welche das Abrahmen erleichtert wird. Wenn man die Milch in flachen Gefäßen aufbewahrt, besonders bei niederer Temperatur (6–10° C.), so gewinnt man mehr Rahm, weil die Milch dann nicht so bald sauer wird und die Milchkügelchen beim Aufsteigen einen geringern Weg zurückzulegen haben. Die vollständigste und schnellste Trennung aber erhält man durch Anwendung der Zentrifugalkraft. Man versetzt ein Gefäß um eine vertikale Achse in schnelle Rotation. Bringt man Milch hinein, so nimmt ihre Oberfläche eine konkave Form an. Die Flüssigkeit wird bei hinlänglicher schneller Rotation über den Rand des Gefäßes überlaufen, und wenn das rotirende Gefäß in einem zweiten weitern steht, in diesem aufgefangen werden können. Das aber, was überläuft, ist arm an Fettröpfchen, welche sich in der Mitte sammeln, weil die Zentrifugalkraft auf die spezifisch leichtern Fettröpfchen weniger wirkt als auf die Flüssigkeit. Lässt man daher von oben langsam die Milch einfließen, so teilt sie sich in zwei Teile, einen fettarmen und fettreichen, welchen letztern man von innen gesondert ablaufen lassen kann.

Butter und Buttermilch.

301. Diese Trennung des Rahms von der Milch wird benützt, um Butter zu gewinnen. Wenn man nämlich die gewöhnliche Milch oder besser den fettreichen Rahm heftig stößt oder schüttelt, so sammeln sich die Fettröpfchen zu kleinen Ballen von Fett, welche allmählich zu größern Klumpen werden, so dass man den größten Teil des Fetts entfernen kann. Diejenigen, welche annehmen, dass die Fettkügelchen von Membranen umhüllt seien, erklären den Butterungsprozess so: Durch die heftigen Stöße kommt es zur Zerreißung der Hüllen und das frei gewordene Fett klebt dann zu immer größeren

Klümpchen zusammen. Die andern nehmen an, das Fett werde durch die Abkühlung der Milch nicht sofort fest, die Erschütterung aber befördere das Erstarren und damit das Zusammenballen.

Die abgeschiedene Butter schließt immer noch erhebliche Mengen des Milchplasmas ein und muss daher, damit sie haltbar wird, mit Wasser gewaschen und geknetet werden. Soll sie länger aufbewahrt werden, so setzt man Salz zu, welches das Wasser an sich zieht, so dass man fast wasserfreie Butter erhält, welche durch ihren Salzgehalt noch haltbarer wird. Dieses Verfahren ist das in Norddeutschland allgemein gebräuchliche. In Süddeutschland dagegen pflegt man die Butter nicht zu salzen. Soll sie sich länger halten, so wird sie geschmolzen, das Schmalz vom Wasser abgeschöpft und durch Abkühlen wieder zum Erstarren gebracht. In dem abgeschiedenen Wasser bleiben auch die Reste der Eiweißkörper. Aber solches Schmalz hat nicht mehr den feinen Geschmack frischer Butter.

Hat man die Butter aus der Milch entfernt, so behält man eine Flüssigkeit zurück, welche nur noch wenig Fett enthält, aber sämtliche Salze, einen Teil des Kaseins und des Milchzuckers in Lösung, während ein andrer Teil des Kaseins in Flocken darin schwimmt und aus dem Rest des Milchzuckers sich Milchsäure gebildet hat. Man nennt sie die Buttermilch, eine Substanz, welche durchaus nicht wertlos ist, sondern noch wichtige Nahrungsstoffe enthält und als Nahrungsmittel genossen werden kann. Sie wird vielfach zur Schweinemast verwendet, aber auch von manchen Menschen als Getränk geschätzt. Da die Milch bis zur Vollendung des Butterungsprozesses immer etwas sauer geworden ist, so hat die Buttermilch einen säuerlichen Geschmack, welcher recht angenehm ist, wenn sie bei großer Hitze als kühlendes, durststillendes Getränk genossen wird. Mit Amylaceen, Kartoffeln u. d. g. gemischt gibt sie ein nahrhaftes Gericht.

302. Der neben dem Fett wesentlichste zweite Bestandteil der Milch, der Käsestoff, das Kasein, kann gleichfalls für sich allein gewonnen werden. Man kann das Kasein zur Fällung bringen, wenn man die Milch sauer macht, oder Labferment zusetzt. In dem Sekret des Magensaftes kommt nämlich neben dem bekannten Pepsin auch noch ein Ferment vor, welches Kasein (auch bei nicht saurer Reaktion) fällt. Wenn man die Milch sich selbst überlässt, so wird sie von selbst sauer. Das Kasein wird also gefällt und man bekommt die saure, geronnene Milch. Durch Erwärmen der sauren Milch ballt sich der Kasein-Niederschlag fester zusammen und lässt sich besser vom Wasser trennen. Man erhält so den Sauermilchkäse. Wenn

Käse und Molken.

man aber Labflüssigkeit, welche man durch Extraktion der Magenschleimhaut erhält, der süßen Milch zusetzt oder ein Stückchen von einem Kälbermagen in frische Milch wirft, so bewirkt das in ihm enthaltene Labferment die Fällung des Kaseins. Den Niederschlag nennt man dann Süssmilchkäse. Er kann bereitet werden aus abgerahmter Milch, dann erhält man den Magerkäse; oder aus Rahm, dann ist er fettreich, und bildet die Fettkäse, oder aus der Gesamtmilch, dann ist er eine Mittelsorte (Halbfettkäse). In manchen Käsereien wird auch der Rahm eines Teils der Milch zu einer andern Portion ganzer Milch hinzugesetzt und aus dieser so mit Fett angereicherten Milch der Käse bereitet.

Der frische Käse, Quark, schließt noch sehr viel Wasser und die in ihm gelösten Salze, Milchzucker und Milchsäure ein. Durch Pressen und Zusatz von Kochsalz entzieht man ihm einen großen Teil dieses Wassers. Man bereitet die verschiedensten Arten von Käse durch kleine Zusätze von aromatischen Kräutern und durch die Art seiner Behandlung. Zur völligen Fertigstellung gehört aber noch ein Prozess, das sogenannte Reifen des Käses, bei welchem der Käse noch mehr Wasser durch Verdunstung verliert und dadurch fester wird. Während des Reifens geht unter Einwirkung von Pilzen, welche entweder von selbst hineingeraten, oder künstlich zugefügt werden, eine chemische Umwandlung vor sich, deren wesentlichster Teil dazu führt, dass der Kaseingehalt abnimmt und neben organischen Basen auch Spaltungsprodukte der Fette entstehen, wobei der Käse mehr durchscheinend und gelblich („speckig") wird. Man hat auch eine Umwandlung von Eiweiß in Fett angenommen, doch ist sie zweifelhaft. Sicher ist nur, dass der gereifte Käse ärmer an Eiweiß ist als der frische und dass die Reaktion alkalischer geworden ist.

Der Käse ist ein sehr wertvolles Nahrungsmittel, da er neben etwas Zucker und Salzen Eiweißkörper und Fett in großer Menge enthält; beim frischen Käse, welcher noch viel Wasser (bis 40 %) enthält machen die nahrhaften Bestandteile dennoch mehr als die Hälfte, bei älterem etwa zwei Drittel des Gesamtgewichts aus. Und da Fett und Eiweißkörper gerade die wertvollsten Nahrungsstoffe sind, so übertrifft der Käse eigentlich alle andern Nahrungsmittel. Denn es gibt kein zweites, welches diese beiden Nahrungsstoffe und daneben noch etwas Zucker und Salze in so konzentrirter und für die Verwertung im Nahrungskanal geeigneter Form enthält. Da der Käse außerdem auch billiger ist als Fleisch, so ist er geradezu berufen, den Mangel der Fleischnahrung bei der ärmern Bevölkerung zu ersetzen. In der

That beziehen in manchen Gegenden die Landleute aus Käse den größten Teil ihres Eiweißbedarfs.

Über die Verdaulichkeit des Käses sind die Meinungen sehr verschieden. Manche Käse sind zäh und schwer zu kauen und die einzelnen verschluckten Brocken liegen deshalb lange im Magen, um so länger natürlich, je größer sie sind und je weniger der Magensaft in sie eindringen kann. Da aber der Eiweißkörper in ihm nicht wie beim Fleisch in unverdaulichen Hüllen eingeschlossen, so kann er, wenn auch langsam, doch sehr vollständig aufgelöst und resorbirt werden. Wenn man solchen Käse in fein zerriebenem Zustand genießt, ist er gewiss nicht schwer verdaulich. Andrerseits schreibt man ja dem Käse verdauungsbefördernde Eigenschaft zu; mit welchem Rechte, das weiß ich nicht.

Nach Ausfällung des Kaseins bleibt das Milchserum oder die Molke zurück, welche den Milchzucker und die aus ihm entstandne Milchsäure sowie die Salze neben geringen Mengen von Eiweiß enthält. Sie ist daher nur noch in geringem Grade nahrhaft, wird dagegen bekanntlich als Arzneimittel in den sogenannten Molkenkuren verwendet. Das Eiweiß ist zum großen Teil in einer dem Pepton ähnlichen Form in der Molke enthalten und darum ebenso wie der Zucker sehr leicht resorbirbar. In den großen Käsereien dient die Molke als Schweinefutter oder auch zur fabrikmäßigen Darstellung des Milchzuckers.

303. Wenden wir uns nach dieser Betrachtung der einzelnen Bestandteile der Milch und der aus ihr gewonnenen Präparate wieder zurück zur Milch als Ganzem, so ergibt sich, dass dieselbe alle zur Ernährung notwendigen Nahrungsstoffe enthält, also für sich allein eine Nahrung darstellt. Denn sie enthält ja Wasser, Salze, Kohlehydrate, Fette etc. Der Säugling, welcher ganz und gar auf Milch allein angewiesen ist, kann sich also von ihr nähren. Die Erwachsnen brauchen viel zu große Mengen von Nahrung, als dass es leicht wäre, sie durch Milch allein vollständig zu nähren. Doch nähren sich manche Völker hauptsächlich von Milch und genießen daneben nur noch wenig andre Stoffe z. B. die nomadischen Araber am Rande der Sahara. Bei uns ist die Milch der Haussäugetiere als Zusatz zu andern Speisen wertvoll. Ihre Hauptbedeutung liegt aber darin, dass sie häufig zur Ernährung der Säuglinge dienen muss in solchen Fällen, wo die Muttermilch fehlt, sowie für die Zeit des Übergangs von der Mutterbrust zu festerer Nahrung. Daher ist die Gewinnung und gute Erhaltung einer guten, gesunden Milch eine der wichtigsten hygienischen Aufgaben.

Sauerwerden der Milch.

Auf dem Lande ist es verhältnismäßig leicht, gute Milch zu beschaffen; es wird dagegen schwer, wenn der Bedarf an Milch groß ist und wenn die Entfernung vom Ort der Produktion nach dem des Verbrauchs bedeutend ist, denn die Milch ist leicht dem Verderben ausgesetzt. Sie wird nämlich, sich selbst überlassen, sauer, unter der Wirkung eines Pilzes, welcher sich von dem die alkoholische Gärung bewirkenden gewöhnlichen Hefepilz durch seine schlankere Stäbchenform unterscheidet. Dieser Pilz veranlasst eine Spaltung des Milchzuckers in Milchsäure, Wasser und einige Nebenprodukte. Die Milchsäure bindet nach und nach den Vorrat von Alkalien und wenn so viel Milchsäure entstanden ist, dass alles Alkali gebunden ist, so wird die Milch sauer. Da solche saure Milch aber leicht Diarrhöen bei Säuglingen bewirkt und bei längerm Gebrauch die Gesundheit schädigt, so muss man die Milch prüfen und wenn sie sauer reagirt, sie verwerfen oder die Säure neutralisiren. Das hierzu meist verwendete Natriumkarbonat ist aber nicht zweckmäßig, da Natriumlaktat gleichfalls Diarrhöen erzeugt. Man verwendet daher besser eine Base, welche unschädlich oder sogar nützlich ist; dazu eignet sich am besten der Kalk. Je nach Bedarf setzt man zu $^1/_4$ Liter Milch 1—2 Theelöffel der offizinellen *Aqua calcis* zu. Kalk ist normal in der Milch vorhanden; wird er durch den Zusatz noch vermehrt, so schadet das nicht; der Säugling bedarf ja des Kalks zum Aufbau seines Skeletts.

Verhüten der Säuerung.

304. Da die Milch sauer wird durch die Wirkung des lebenden, organisirten Ferments, so kann das Sauerwerden verhütet werden durch Kochen, welches die Pilze tötet, vorausgesetzt, dass man dann die Milch so aufbewahrt, dass nicht wieder neue Pilze hineinkommen. Dazu ist es nicht notwendig, luftdicht verstopfte Flaschen zu verwenden, sondern es eignet sich dazu auch ein nur p i l z d i c h t e r Verschluss z. B. Abschluss mit pilzfreier (sterilisirter) Watte.

Das Hineingeraten der Pilze in die Milch kann auf verschiedne Weise geschehen: Sie schweben in der Luft, sind überall vorhanden in den Stallungen, an den Eutern der Kühe u. s. w. Darum sollte Milch, welche für Säuglinge bestimmt ist, immer sofort nach dem Melken oder doch, wenn das nicht geschehen, unmittelbar nach der Einlieferung an die Verbrauchsstelle gekocht und an einem kühlen Ort, gut verschlossen, aufbewahrt werden. Neuerdings hat Professor Soxhlet in München hierzu eine sehr zweckmäßige Einrichtung empfohlen, welche gestattet, die Milch gleich in den Saugflaschen zu kochen und in denselben bis zum Gebrauch in gutem Zustande zu erhalten.

Sehr wichtig ist es, die Mütter darauf aufmerksam zu machen, dass man niemals Milchreste, welche in den Saugflaschen zurückgeblieben sind, mit frischer Milch zusammenbringen darf. Es ist vielmehr streng darauf zu achten, dass das, was übrig geblieben ist, wenn das Kind getrunken hat, fortgeschüttet wird, dass die Flasche sorgfältig mit heißem Wasser gereinigt und endlich, dass der Mund des Kindes selbst nach dem Trinken ordentlich ausgewischt wird, damit die Milch dort nicht sauer wird, was durch Verschlucken das Verderben der schon im Magen befindlichen Milch bewirken kann.

Denn beim Sauerwerden der Milch vermehren sich die in ihr enthaltenen Hefepilze und ein geringer Zusatz solcher Milch zu frischer veranlasst natürlich das Verderben der letztern. Ebenso wie die Flaschen müssen auch die Stopfen und Saugkappen von Kautschuk sehr gründlich mit heißem Wasser gereinigt und in einem verschlossenen Behälter aufbewahrt werden. Nicht genug warnen können wir endlich vor dem in vielen Kinderstuben üblichen Verfahren, Milch oder die statt ihrer benutzten Breie die Nacht über auf einer Flamme oder in der Ofenröhre in ungenügend verschlossnen Gefäßen warm zu erhalten. Denn bei der höhern Temperatur wuchern die Pilze natürlich nur um so lebhafter.

305. Die Verwendung der Milch unsrer Haussäugetiere für die Ernährung der Säuglinge bleibt immer nur ein trauriger Notbehelf und sollte nur eintreten, wenn Muttermilch von genügender Menge und Beschaffenheit durchaus nicht zu beschaffen ist. Die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Frauenmilch ist etwas verschieden von der, welche die uns zur Verfügung stehenden Tiermilchsorten aufweisen, wie die nachstehende tabellarische Zusammenstellung zeigt.

Verschiedenheit von Frauen- und Tiermilch.

	Spez. Gew.	Wasser	Kasein	Fett	Zucker	Salze
Frauenmilch	1018—1045	87	2,5	3,9	6,0	0,5
Kuhmilch	1033—1045	87	3,4	3,7	5,0	0,7
Milch der Eselin	1033—1040	90	2,2	1,4	6,2	0,3
Ziegenmilch	1030—1035	87	3,7	4,1	4,5	0,9
Schafmilch	1034—1041	82	7,9	5,8	4,9	0,7

Die am häufigsten benutzte Kuhmilch ist also reicher an Kasein und Fett, dagegen ärmer an Zucker als die Frauenmilch. Das letztere ist der Grund, warum Kinder die Kuhmilch nicht so gern nehmen und warum man ihr Zucker zusetzt. Es kommt aber bei Beurteilung ihres Wertes noch etwas andres in Betracht: Die Kuhmilch enthält mehr Kasein, aber es ist, wie manche glauben, dem der Frauenmilch nicht ganz gleichwertig. So viel ist sicher, dass, wenn man Kasein

aus Kuhmilch ausfällt, es in großen Flocken ausfällt, während dies bei Frauenmilch in sehr kleinen feinen Flocken geschieht. Wahrscheinlich beruht dieser Unterschied weniger auf wirklichen Abweichungen in der chemischen Konstitution der beiden Kaseine, als vielmehr auf geringfügigen äußern Umständen, wie andre Zusammensetzung der gleichzeitig vorhandenen Salze. Man hat auch deswegen geglaubt, durch Zusatz gewisser Salze bewirken zu können, dass der Unterschied aufhört. Jedenfalls ist es aus diesem Umstande zu erklären, warum, wenn im Magen des Kindes die Gerinnung eintritt, die Verdaulichkeit der grobflockigen Kuhmilch geringer ist als die der feinern Flocken der Frauenmilch.

Wechselnde Beschaffenheit der Frauenmilch.

306. Auch die Frauenmilch hat nicht immer dieselbe Zusammensetzung und Beschaffenheit, sie wechselt insbesondre, abgesehen von andern Einflüssen, während der Dauer der Laktationsperiode. Während der Schwangerschaft entwickeln sich die Brüste sehr stark. Schon einige Zeit vor der Entbindung beginnt die Sekretion einer Flüssigkeit, die aber von eigentlicher Milch verschieden ist. Es ist dies das sogenannte Kolostrum, eine fadenziehende gelblich aussehende Flüssigkeit, in welcher sich große kernhaltige Zellen, die Kolostrumkügelchen befinden. Neben dem Kern kommen in den Zellen einzelne Fetttröpfchen vor. Im übrigen ist das Plasma klar, nicht weiß, sondern fast ganz durchsichtig. Je näher die Entbindung rückt, desto zahlreicher werden die Fetttröpfchen in den Zellen. Daneben findet man auch einzelne Zellen zerfallen und ihre Fetttröpfchen frei im Plasma. Zwei bis drei Tage nach der Entbindung nimmt die Milch die richtige Beschaffenheit an. Es kommt dies wahrscheinlich daher, dass die Kolostrumkügelchen, welche nichts weiter sind als die massenhaft wuchernden und sich ablösenden Zellen der Milchdrüse schon innerhalb der Drüse zerfallen und so das in ihnen entstandene Fett frei wird.

In der nun folgenden Zeit nach der Entbindung ändert sich die Zusammensetzung der Milch noch weiter. Bis zum zweiten Monat nach der Entbindung nimmt sie an Kaseingehalt zu, an Zuckergehalt ab. Der Kaseingehalt steigt bis zum 5. Monat, dann sinkt er, vom 8.–10. Monat nach der Entbindung nimmt der Zuckergehalt wieder zu, der Fettgehalt ab. Einen großen Einfluss auf die Beschaffenheit der Milch hat die Ernährung der Frau. Bei mangelhafter Ernährung ist der Fettgehalt geringer, der Eiweißgehalt aber eher erhöht. Die Menge der abgesonderten Milch wächst sehr mit der Aufnahme reichlicher Nahrung, vorausgesetzt, dass die Frauen im Stande

sind, dieselbe zu verdauen und zu resorbiren. Leider versagt bei vielen Frauen, namentlich der höhern Stände, sehr bald der Appetit, und sie sehen sich trotz des besten Willens außer Stande, ihre Kinder zu nähren. Leicht resorbirbare Kohlehydrate wie Dextrin und Zucker in der Nahrung scheinen am günstigsten auf die Milchbildung zu wirken. Darauf beruht wahrscheinlich die gute Wirkung der dextrinreichen sogenannten Ammenbiere, welche daneben durch ihre Bitterstoffe noch den Appetit anregen.

Ersatz derselben durch Kuhmilch.

307. Auch bei der Milch der Kühe sind allerlei Unterschiede nachgewiesen worden. Die Milch, welche Abends gemolken ist, ist butterreicher, wie die Morgenmilch, der Zuckergehalt ist Abends reichlicher als am Morgen, der Buttergehalt im Sommer reichlicher als im Winter, bei reichlicher Milchabsonderung ist der Kaseingehalt spärlicher als bei geringer; es macht einen Unterschied, ob im Stall oder auf der Weide gefüttert wird, ob die Kühe trocknes Futter bekommen oder nasses.

Bei solchen Schwankungen können wir nicht ohne weiters sagen, was vorgenommen werden muss, um Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu machen, sondern wir können es nur für eine gute Durchschnittsmilch. Da die Kuhmilch ärmer an Zucker, reicher an Kasein ist, kann man sie dem Kinde nicht unverdünnt geben, sondern so, dass sie ungefähr auf den Fett- und Kaseingehalt der Frauenmilch kommt und muss den fehlenden Zuckergehalt ergänzen. Für ein Kind in den ersten Tagen wird die Verdünnung so vorgenommen, dass drei Teile Wasser auf ein Teil Kuhmilch kommen, etwas später im Verhältnis von 2 : 1; vom zweiten Monat an kann man den Wasserzusatz noch mehr verringern und sofort, bis man frühestens im sechsten Monat unverdünnte Kuhmilch gibt. Der Zuckerzusatz geschieht gewöhnlich in Form von Rohrzucker. Das ist aber unzweckmäßig, denn dieser hat den Nachteil, dass er sehr leicht Säure bildet. Da man Milchzucker leicht fabrikmäßig herstellen kann, so ist es zweckmäßig, solchen zuzusetzen. Das beste Rezept ist zwei Teile Wasser, ein Teil Kuhmilch und auf ein Liter dieses Gemenges 24 g Milchzucker. Nimmt man Rohrzucker, so braucht man nur die Hälfte, denn dieser süßt besser.

Sechsunddreissigste Vorlesung.

Prüfung der Milch. Surrogate.

Verfälschungen. — Fettbestimmung. — Bestimmung des spezifischen Gewichts. — Unsicherheit der Methode. — Optische Milchprobe. — Zählung der Milchkügelchen. — Bestimmung des Milchzuckers. — Milch für Säuglinge. — Kondensirte Milch. — Kindersterblichkeit. — Stärkehaltige Surrogate. — Präparirte Stärke. — LIEBIG'sche Suppe. — Künstliche Milch. — Milch kranker Tiere.

Verfälschungen.

308. Kein Nahrungsmittel wird so oft verfälscht wie die Milch. Die Versuchung liegt zu nahe; die Prozeduren sind so einfach, dass sie von jedem Milchweib ohne weiters vorgenommen werden können.

Derartige Verfälschungen müssen unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Erstlich wird ein zum Verkauf ausgebotener Gegenstand in seinem Geldwert herabgesetzt durch Vermischung mit einem minderwertigen (Verdünnung der Milch mit Wasser) oder durch Entfernung eines seiner wertvollen Bestandteile (Abrahmung). Wird die vorgenommene Manipulation verschwiegen und dadurch der Käufer getäuscht, so ist das ein Betrug; das geht aber den Hygieniker eigentlich nichts an. Zweitens aber kann durch einen Zusatz oder durch ein andres Verfahren ein Nahrungsmittel gesundheitschädigende Eigenschaften annehmen; und das ist natürlich hygienisch sehr wichtig.

Da Rahm einen höhern Marktpreis hat als ganze Milch, so kommt das Abrahmen und Anbieten entrahmter Milch gar nicht selten vor. Ebenso häufig aber wird auch die Milch mit Wasser verdünnt. In beiden Fällen ist ihr ein Teil ihres Nährwerts geraubt worden.

Fettbestimmung.

309. Um die Verfälschungen zu erkennen, ist eine Bestimmung des Fettgehaltes erforderlich. Denn im ersten Falle (dem Abrahmen) ist der Milch ein Teil ihres Fettes entzogen worden ohne Beeinträchtigung ihrer sonstigen Zusammensetzung; im andern Fall (dem Wasserzusatz) ist die Milch im ganzen verdünnt und damit auch der Fettgehalt vermindert worden.

Eine genaue Fettbestimmung geschieht durch Extraktion mit Äther und Wägung des extrahirten Fettes. Es wird eine Quantität Milch erst möglichst auf dem Wasserbade eingedampft, der Rest mit einem nicht fetthaltigen Mittel, gewaschenem Sand, Glaspulver etc.

zusammengerührt und vollständig bis zur Verjagung allen Wassers getrocknet. Das trockene Pulver gibt man in eine aus Fließpapier zusammengedrehte zylindrische Düte und bringt diese in einen Extraktionsapparat, in welchem das Fett durch heißen Äther extrahirt wird. Der Äther wird dann abgedampft und das zurückgebliebene Fett durch Wägung bestimmt.

310. Die Schwierigkeiten, welche eine solche Analyse macht, haben dazu geführt, verschiedene einfachere Methoden zu ersinnen, welche den Fettgehalt zu erkennen ermöglichen sollen. In erster Linie kann hierzu die Bestimmung des spezifischen Gewichts dienen, welche man gewöhnlich mittels des Aräometers vornimmt. Das spezifische Gewicht der reinen Kuhmilch schwankt innerhalb der Grenzen 1029—1034, im Mittel beträgt es 1031,7. Rahmt man die Milch ab und vermindert dadurch den Fettgehalt, so steigt (weil das Fett leichter ist als das Milchplasma) das spezifische Gewicht, verdünnt man sie mit Wasser, so sinkt es. Wenn aber die Milch abgerahmt und außerdem verdünnt ist, so erhält man unter Umständen ein Produkt von gleichem spezifischen Gewicht wie normale Milch, trotzdem dieselbe doppelt verfälscht ist. Die Gewichtsbestimmung allein würde also in solchem Falle nicht ausreichen, um die Fälschung zu beweisen, sondern sie müsste durch andre Methoden ergänzt werden.

Bestimmung des spezifischen Gewichts.

Wenn es sich um eine einfache Flüssigkeit handelt z. B. eine Salzlösung oder eine Mischung von Alkohol und Wasser, so hängt das spezifische Gewicht von dem Prozentgehalt der Substanzen ab, die mit dem Wasser gemischt oder in ihm gelöst sind; man kann also sehr gut den Gehalt einer solchen Flüssigkeit an Salz, Alkohol, Zucker etc. bestimmen, vorausgesetzt, dass die Lösung oder das Gemenge nicht noch andre, unbekannte Stoffe enthält. Bei der Milch hat man es aber zu thun mit einer Flüssigkeit, in der Körperchen suspendirt sind. Diese haben ein geringeres Gewicht als die Flüssigkeit selber. Senkt man nun die hydrostatische Wage ein, so fragt es sich, ob wir die spezifischen Gewichte des Milchplasmas und der Milchkügelchen bekommen, oder ob letztere gar nicht auf die Senkwage wirken. Wie Brücke festgestellt hat, ist dies in der That nicht genau, aber doch annähernd der Fall. Indem er das Gewicht nicht nur mit dem Aräometer, sondern auch mit dem Pyknometer bestimmte, fand er kleine Unterschiede. Das Pyknometer besteht aus einem kleinen Gefäß, welches mit einem in den Hals eingeschliffenen Thermometer versehen ist, das zugleich als Stöpsel dient. Um das Gefäß stets vollkommen und ohne Luftblasen mit Flüssigkeit füllen zu können,

ist neben dem Hals noch ein enges Röhrchen angeschmolzen, welches mit einem kleinen eingeschliffenen Glasstöpsel verschlossen werden kann. Man bestimmt zunächst das Gewicht des leeren Gefäßes. Dann füllt man dasselbe mit reinem destillirten Wasser und verschließt es mit dem Thermometer. Hierdurch drängt man den Überschuß des Wassers aus dem kleinen Seitenrohr heraus, und verschließt dann auch dieses. Man trocknet das Gefäß sorgfältig ab und bringt es auf die Wage. Der Unterschied des Gewichts von dem des leeren Gefäßes gibt (unter Berücksichtigung der Temperatur) den Rauminhalt des Gefäßes an. Wenn man nun das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit bestimmen will, so hat man nur nötig das Gefäß mit derselben zu füllen und das Gewicht der Flüssigkeit (g') mit dem des Wasser (g) zu vergleichen. Das Verhältnis dieser Zahlen $\left(\frac{g'}{g}\right)$ gibt, da die Volume gleich sind, unmittelbar das spezifische Gewicht an. Wenn man nun eine Salzlösung oder verdünnten Alkohol in dieser Weise und mittels des Aräometers prüft, so bekommt man übereinstimmende Zahlen; bei der Milch dagegen bekommt man geringe Abweichungen.

Unsicherheit der Methode.

311. Deshalb is es nicht möglich, aus dem gefundenen spezifischen Gewicht etwa ihren Fettgehalt oder den Grad der vorgenommenen Verdünnung zu berechnen. Nur soviel können wir sagen: Wenn das spezifische Gewicht erheblich von den gewöhnlich bei guter Milch gefundenen Zahlen abweicht, dann ist der Verdacht gerechtfertigt, dass die Milch entweder verdünnt oder abgerahmt sei.

Nach vielfältigen Untersuchungen guter Durchschnittsmilch, wie man sie durch Mischung der Milch mehrerer gesunder und gut gefütterter Kühe erhält, liegt das spezifische Gewicht ganzer Milch zwischen 1029 und 1034, das abgerahmter Milch zwischen 1033 und 1037. Findet man bei der Untersuchung ganzer Milch ein spez. Gewicht von 1026—1029, so kann man annehmen, dass sie mit 10% Wasser verdünnt sei; beträgt das spezifische Gewicht 1023—1026, so kann man auf 20% Wasserzusatz schließen, bei einem spezifischen Gewicht von 1014—1017 auf 50% Wasserzusatz. Handelt es sich aber um abgerahmte Milch, so bedeuten 1032—1035 Reinheit, 1029—1033 Wasserzusatz von 10% u. s. f.

Da das spezifische Gewicht sich auch mit der Temperatur ändert, so muss man auf diese Rücksicht nehmen. Obige Zahlen gelten für eine mittlere Temperatur von + 15° C. Um die Korrektionen der Ablesung bei andern Temperaturen bequemer zu machen,

sind von CHR. MÜLLER Tabellen berechnet worden, welche ich hier ausgelegt habe.[1])

Die hier mitgeteilten Werte gelten für Durchschnittsmilch. Es kann vorkommen, dass eine einzelne Kuh sehr verdünnte oder sehr fettarme Milch absondert und dass die Untersuchung mit dem Aräometer den Verdacht des Wasserzusatzes oder der Abrahmung erweckt, obgleich diese in Wirklichkeit nicht vorgenommen worden sind. Auch ist die Entscheidung, ob eine gewisse Milch ganze oder abgerahmte sei, unter Umständen eine schwierige. Man muss also auch noch andre Untersuchungsmethoden in Anwendung ziehen.

Zur Bestimmung des Fettgehaltes kann man auch so verfahren, dass man die Milch in einem geteilten Zylinder stehen lässt und misst, wie viel Rahm sie absetzt. Instrumente dieser Art nennt man Cremometer. Eine gute, nicht abgerahmte Milch soll bei mittlerer Temperatur innerhalb 24 Stunden, bei niederer in 36—48 Stunden 10—14 % Rahm geben. Hat sich die Rahmschicht abgesetzt, so hebt man sie ab und bestimmt das spezifische Gewicht der unten angesammelten (abgerahmten) Milch. Die Vergleichung dieser so gewonnenen Werte gestattet dann einen viel sicheren Schluss als die Bestimmung des spezifischen Gewichts der ganzen Milch allein.

Genauer noch ermittelt man den Fettgehalt, mittels des Laktobutyrometers. Man misst in einer geteilten Röhre 10 ccm Milch ab, fügt dazu 2—3 Tropfen Natronlauge und 10 ccm Äther, schüttelt tüchtig, fügt 10 ccm Alkohol zu und schüttelt wieder. Das während des Schüttelns im Äther gelöste Fett scheidet sich beim Alkoholzusatz wieder aus. Man stellt die Röhre in warmes Wasser (40°), dann sammelt sich die Fettlösung im obern Teil und man kann ihr Volum bestimmen. 1 ccm der Lösung bedeutet 3,175 % Fett, was ungefähr der unteren Grenze einer reinen Kuhmilch entspricht.

312. Eine andre Methode der Fettbestimmung beruht auf dem Umstand, dass die Milch wegen der Massen von Fetttröpfchen undurchsichtig ist, weil jedes der Tröpfchen das Licht stark reflektirt, wodurch die Milch weiß wird. Ist die Milch mit Wasser verdünnt oder durch Abrahmen fettärmer gemacht, so ist die Undurchsichtigkeit geringer; gießen wir solche Milch in dünnen Schichten aus auf einen schwarzen Untergrund, so können wir die Unterschiede erkennen: Die verdünnte Milch bekommt einen Stich ins Blaue. Man sieht es also der Milch an, wenn sie in hohem Grade fettarm ist und man

Optische Milchprobe.

[1]) MÜLLER. Anleitung zur Prüfung der Kuhmilch. Bern 1877.

nennt deshalb auch die abgerahmte Milch „blaue Milch". Um dieses Verhalten zur Messung zu verwenden, hat VOGEL ein Verfahren angegeben: Man füllt die Milch in ein Gefäß von bekannter Dicke dessen plane Wände einander parallel sind. Sehr gut eignet sich hierzu das Hämatinometer von HOPPE-SEYLER, dessen Wände genau 1 cm von einander abstehen. Man misst von der zu prüfenden Milch 10 ccm ab, verdünnt sie mit 90 ccm Wasser. Von dieser Mischung bringt man 10 ccm in das Hämatinometer und stellt in einer Entfernung von 1 m hinter demselben eine Kerze auf, verdünnt dann die Milch noch weiter aus einer oberhalb aufgestellten, mit Wasser gefüllten Bürette, bis man durch die gut umgerührte trübe Schicht hindurch das Bild der Flamme in seinen Umrissen eben scharf erkennen kann. Macht man solche Bestimmungen öfter mit guter ganzer Milch, am besten mit solcher, welche man in seiner Gegenwart hat melken lassen, so gewinnt man eine Mittelzahl, welche angibt, in welchem Verhältnis man gute Milch verdünnen muss, damit sie diese Beschaffenheit erlange. Man wird dazu etwa 60—65 ccm gebrauchen d. h. (da in den ersteingefüllten 10 ccm schon 9 ccm Wasser waren) gute Milch muss im Verhältnis von 1: 70 – 75 verdünnt werden. Wenn nun die zu prüfende Milch abgerahmt ist oder schon vorher verdünnt, so wird sie schon bei geringerer Verdünnung denselben Grad von Durchsichtigkeit erreichen. Man wird deshalb vermuten dürfen, dass eine Milch nicht so viel Fett enthält, als durchschnittlich sein sollte, wenn sie bei geringerm Wasserzusatz schon die Flammenumrisse erkennen lässt. Ein Abänderung dieser sogenannten optischen Milchprobe ist folgende: Man benutzt ein Gefäß, dessen Dicke man variiren kann. Es besteht aus zwei in einander verschiebbaren Röhren, deren jede durch eine Glasplatte verschlossen ist. Die äußere Röhre setzt sich in einen Trichter fort in welchen man die verdünnte Milch einfüllt. Schiebt man das innere Rohr hin und her, so ändert sich die Dicke der Flüssigkeitsschicht, durch welche hindurch man nach der Kerzenflamme sieht. Man verdünnt die Milch stets in einem und demselben Verhältnis z. B. 1 : 1000 und bestimmt zuerst bei einer guten Milch, wie dick die Schicht sein muss, damit man die Kerzenflamme erkennen kann. Zeigte sich dann, dass bei einer zu prüfenden Milch die Schicht viel dicker sein muss, so kann man daraus auf geringern Fettgehalt schließen.

HEUSER hat einen kleinen Apparat, den sogenannten Milchspiegel, angegeben, der auf demselben Prinzip beruht. Auf einer

kreisrunden Glasplatte von etwa 5 cm Durchmesser ist ein Messingring von 5 mm Höhe festgekittet. Eine zweite Glasplatte kann auf diesen aufgelegt und durch einen umgelegten Gummiring ein Verschluss hergestellt werden. In das so gebildete kleine Gefäß ist eine Platte von Milchglas eingekittet, der es aber nicht vollständig ausfüllt. Das Milchglas ist so gewählt, dass, wenn man den neben demselben frei bleibenden Raum des flachen Gefäßes mit normaler Milch füllt, die Durchsichtigkeit bei beiden gleich ist. Wenn aber die Milch vorher entfettet oder verdünnt ist, so wird sie durchsichtiger sein als das Glas. Die Vergleichung wird erleichtert dadurch, dass auf der einen Glasplatte ein System von stärkern und feinern schwarzen Linien aufgetragen ist, welche neben einander durch die Milchglasplatte und durch die dünne Milchschicht hindurch gesehen werden, wenn man das Instrumentchen gegen einen hellen Hintergrund richtet, was die Vergleichung erleichtert.

Auf ähnlichen Prinzipien beruht der Apparat von Feser: Er besteht aus einem unten verengerten Glasrohr, in dessen engern Teil ein schwarzer Glaskörper eingelassen ist. Gießt man eine abgemessene Menge (4 ccm) Milch hinein, und verdünnt dieselbe, bis die Linien auf dem Einsatz gerade sichtbar werden, so kann man aus der Menge des hierzu benötigten Wassers den Fettgehalt in Prozenten der ganzen Milch ablesen.

313. Alle diese Methoden können nicht auf große Genauigkeit Anspruch machen. Sie genügen höchstens zur Marktprüfung für Polizeibeamte, um grobe Verfälschungen zu erkennen. Schöpft der Beamte auf Grund derselben Verdacht, so muss er eine Probe entnehmen und dieselbe an einen Chemiker zur vollständigen Analyse übergeben. **Zählung der Milchkügelchen.**

Die optischen Prüfungsmethoden leiden alle an einem prinzipiellen Fehler. Die Undurchsichtigkeit der Milch hängt nicht sowohl von ihrem Gehalt an Fett als vielmehr von der Zahl der Milchkügelchen ab. Jedes Kügelchen wirft etwas Licht zurück, und da ihrer sehr viele sind, geht bei einer gewissen Dicke der Schicht zuletzt nichts mehr durch. Viele kleine Kügelchen wirken deshalb viel stärker als wenige große, wobei der Fettgehalt trotzdem derselbe sein kann. Die Größe der Kügelchen schwankt aber ungemein und deshalb ist der Schluß von dem Ergebnis der optischen Probe auf den Fettgehalt immer ein sehr unsicherer.

Einfacher und mindestens eben so genau wie diese optischen Proben ist die mikroskopische Betrachtung eines Milch-

tropfens. Bei guter ganzer Milch liegen die Kügelchen dicht gedrängt, große und kleine durcheinander. Bei verdünnter Milch ist die Abnahme der Zahl leicht zu erkennen; bei abgerahmter ist die Zahl der großen Kügelchen verhältnismäßig geringer, weil diese schneller nach oben steigen wie die kleinen.

Bestimmung des Milchzuckers.

314. Von den Bestandteilen des Milchplasmas ist am leichtesten zu bestimmen der Milchzucker. Gute Kuhmilch soll etwa 4,8 % davon enthalten. Ist die Milch nicht sauer, ist also kein erheblicher Teil des Milchzuckers in Milchsäure übergegangen, so wird bei einem geringeren Gehalt der Verdacht auf Verdünnung sehr berechtigt sein. Die Untersuchung des Zuckergehalts wird deshalb unter Umständen zum Nachweis einer Verfälschung führen. Diese Bestimmung wird am besten vorgenommen mit der klaren Flüssigkeit, welche man nach Ausfällung des Caseins erhält. Zu diesem Zwecke verdünnt man die Milch im Verhältnis von 1 : 20 fügt vorsichtig verdünnte Essigsäure zu, bis eben ein flockiger Niederschlag beginnt, und leitet dann einen Strom von Kohlensäure durch. Der sich bildende Niederschlag besteht aus dem Kasein, welcher die Fettkügelchen einschließt. Man filtrirt und bestimmt im Filtrat den Milchzucker. Den Filterrückstand könnte man zur Fettbestimmung nach der oben (§ 309) beschriebenen Methode benutzen und den nach der Fettextraktion zurückgebliebenen Rückstand zur Bestimmung des Kaseins. Doch musste man in diesem Falle mindestens 20 ccm Milch verwenden, während man mit einer kleineren Probe auskommt, wenn man nur den Milchzucker bestimmen will.

Zu diesem Zweck bieten sich verschiedene Wege dar: einmal die Trommer'sche Probe. Setzt man zu der Milchzuckerlösung Ätznatron und eine geringe Spur Kupfersulphat, so entsteht eine Blaufärbung, welche beim Erhitzen übergeht in eine fleischrote Farbe, indem das Kupfersalz zu Kupferoxydulhydrat reduzirt wird. Diese Zuckerprobe kann auch quantitativ gemacht werden, wenn man die Fehling'sche Flüssigkeit von weinsaurem Kupfer in alkalischer Lösung benutzt. Man bringt 20 ccm derselben in einen Kolben, verdünnt mit dem 4 fachen Volum Wasser, erhitzt zum Kochen und lässt von dem in eine Bürette gebrachten Filtrat so lange zufließen, bis die blaue Farbe vollkommen verschwunden und alles Kupfer reduzirt ist. Aus der hierzu verbrauchten Menge berechnet sich der Zuckergehalt, da 20 ccm Fehling'scher Lösung genau 0,134 g Milchzucker zu ihrer Reduktion bedürfen.

Eine andre Methode, den Zuckergehalt zu bestimmen, ist die

mit Hülfe des Polarisationsapparats. Man hat diese Apparate zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht, so dass sie sehr genaue Bestimmungen ermöglichen. Die zwei Apparate, welche Sie hier aufgestellt sehen, sind das Polaristrobometer von WILD und der Halbschattenapparat von LAURENT. Die Angaben der Polarisationsapparate sind in der Regel auf Traubenzucker berechnet. Das Drehungsvermögen des Milchzuckers verhält sich aber zu der des Traubenzuckers wie 10 : 9,61; man hat also, wenn man auch darauf Rücksicht nimmt, dass die Milch auf ihr 20 faches Volum verdünnt war, den gefundenen Wert mit $\frac{9,61 \cdot 20}{10} = 19,22$ zu multipliziren, um den Zuckergehalt in Prozenten der ganzen Milch zu erhalten. Wegen dieser starken Verdünnung wird aber die Berechnung trotz der Feinheit der Methode ungenau. HOPPE-SEYLER empfiehlt deshalb für die Polarisationsprobe die Milch mit $50\,^0/_0$ ihres Volums Bleizuckerlösung zu versetzen, zu kochen und zu filtriren und in dem klaren Filtrat den Zucker zu bestimmen. In diesem Falle hat man dann mit $\frac{9,61 \cdot 3}{10 \cdot 2} = 1,44$ zu multipliziren.

Eine dritte kürzere Art der Bestimmung ist von GSCHEIDLEN angegeben worden. Wenn man zu einer milchzuckerhaltigen Flüssigkeit Ätznatron zusetzt und erhitzt, dann wirkt das Natron auf den Zucker und es entsteht ein brauner Körper, so dass die Flüssigkeit erst gelb gefärbt wird, dann braun und zuletzt, wenn viel Zucker vorhanden ist, fast schwarz. Der Grad der Färbung ist verschieden je nach dem Gehalt an Milchzucker. Darauf gründet sich das sogenannte colorimetrische Verfahren: Man löst eine abgewogene Menge von reinem Milchzucker in destillirtem Wasser, so dass man eine $5\,^0/_0$ ige Lösung erhält. Diese verdünnt man in verschiedenen Graden, so dass man Lösungen von 0,1—0,2—0,3—0,4—0,5 $^0/_0$ erhält. Man bringt von jeder einige Kubikzentimeter in gleich dicke Proberöhrchen fügt zu jeder Portion 1 ccm Ätznatronlauge und erhitzt; dieselben werden verschieden heller bis dunkler gelb gefärbt. Man erhitzt das Filtrat, nachdem man es mit Natronlauge versetzt hat, und sieht zu mit welcher der Proben die zu prüfende Flüssigkeit am besten übereinstimmt. Angenommen, sie wäre heller als Probe 3, aber dunkler als Probe 2. Nun verdünnt man die der Probe 3 entsprechende $0,3\,^0/_0$ ige Zuckerlösung so, dass man Proben von 0,22—0,24—0,26—0,28 $^0/_0$ erhält und erhitzt diese mit Natron. Jetzt stimmt die zweite (0,22) in der Färbung mit unsrer Milchprobe

am besten überein. Letztere hatten wir aber auf ihr zwanzigfaches Volum verdünnt. Also enthält die Milch 4,4 % Milchzucker.

Diese Probe ist deswegen sehr bequem, weil sie schnell Aufschluss gibt über etwaige Verdünnungen. Die Abrahmung der Milch ändert nichts an dem Milchzuckergehalt. Abgerahmte Milch wird also normalen Zuckergehalt zeigen aber fettarm sein, während verdünnte Milch abnorm fettarm ist und milchzuckerarm.

Milch für Säuglinge.

315. Bei der quantitativen Bestimmung der Milchbestandteile kann immer nur eine Durchschnittsmilch der Vergleichung zu Grunde gelegt werden, wie man sie in großen Molkereien durch Zusammenschütten der Milch vieler Kühe gewinnt. Von dieser Durchschnittsmilch kann die Milch einer einzelnen Kuh zuweilen sehr abweichen. Wenn es sich um Verwendung der Kuhmilch als Ersatz für Muttermilch handelt, hat man früher geglaubt, dass es vorteilhaft sei, die Milch immer nur von einer bestimmten Kuh zu nehmen, die auf eine bestimmte Weise gefüttert ist. Es ist dies vorgeschlagen worden, weil man dadurch einen Wechsel in der Beschaffenheit der Milch am besten zu verhüten geglaubt hat. Aber das ist doch sehr unsicher, denn es kann der Kuh eine Unpässlichkeit zustoßen, welche die Milch beeinflusst, und welche geradezu zwingt, plötzlich zu einer ganz andern Milch überzugehen. Es ist vielmehr allein zweckmäßig, die Milch zu beziehen aus großen Stallungen, wo die Milch sehr vieler Kühe vermischt wird, wodurch man viel mehr Sicherheit gewinnt, eine Milch zu bekommen, die sich sehr wenig ändert, und weil da jede Kuh, der etwas zustößt, für einige Tage ausgeschieden werden kann und dies trotzdem keine merkliche Änderung in der Zusammensetzung des Produkts bewirkt. Namentlich für den Bedarf großer Städte müssen solche Molkereien eingerichtet werden, die womöglich unter Kontrolle eines erfahrnen Arztes oder Tierarztes stehen, der darauf achtet, dass die Art der Fütterung der Kühe, der Gewinnung und Behandlung der Milch immer vorschriftsmäßig vor sich geht. Selbstverständlich wird die Milch dadurch sehr verteuert, aber man zahlt gerne mehr, wenn man sicher ist gute Milch zu bekommen. Es hat sich auch als vorteilhaft erwiesen, die Kühe im Stall gleichmäßig zu füttern mit trockenem Futter, weil sie dann bessere Milch geben als bei der wechselnden Zusammensetzung des Futters auf der Weide oder gar bei Schlempefütterung, welche die Absonderung reichlicher aber wenig gehaltreicher Milch bewirkt. Sind die Stallungen gut gelüftet und reinlich gehalten, so bleiben auch die Kühe gesund und liefern gute Milch, selbst wenn sie gar nicht ins Freie kommen.

Wird dann die Milch auch gut behandelt und vor dem Verderben geschützt, namentlich vor dem Sauerwerden, so können Säuglinge ganz gut mit derselben aufgezogen werden und dabei vortrefflich gedeihen.

316. Es ist aber unter Umständen trotz aller Bemühungen nicht möglich, gute Milch zu beschaffen, so dass man sich nach andern Ersatzmitteln umsehen muss. Wenn es sich um Säuglinge handelt, deren Mütter nicht säugen können, wird man den Ersatz durch eine Amme über die Ernährung selbst durch gute Kuhmilch stellen. Natürlich muss vorausgesetzt werden, dass die Amme gesund ist und gute Milch hat. Andernfalls kann sie Krankheiten auf den Säugling übertragen, z. B. Syphilis. Es muss ferner darauf gesehen werden, dass die Amme ungefähr zu derselben Zeit geboren hat wie die Mutter des Kindes; denn wenn dies nicht der Fall ist, dann ist die Beschaffenheit der Milch nicht mehr dem Alter des Säuglings angemessen. Wenn es aber unmöglich ist, eine gute Amme oder gute Kuhmilch zu beschaffen, so bleibt nichts anders übrig, als Surrogate anzuwenden. Das ist besonders der Fall auf Reisen. Da die Milch in manchen Gegenden in großen Mengen gewonnen wird, so hat man sie so zu präpariren gesucht, dass sie aufbewahrt und transportirt werden kann. Das bekannteste Präparat dieser Art ist die **kondensirte Milch**, die in verschlossenen Büchsen in den Handel gebracht wird, sich innerhalb der Büchsen lange hält und, auch wenn die Büchsen eröffnet werden, nicht schnell verdirbt. Das bloße Eindicken der Milch durch Entfernung eines großen Teils ihres Wassers führt nicht zum Ziel; man ist genötigt, außer dem Eindicken bei niedrer Temparatur, durch welches die Milch auf etwa $^1/_3$ ihres Volumens zurückgeführt wird, noch Rohrzucker zuzusetzen, wodurch dann die Milch zu einem dicken Syrup von genügender Haltbarkeit wird, den man für den Gebrauch wieder mit Wasser verdünnt. Der Zuckerzusatz hat aber auch eine sehr gefährliche Seite: Wenn man die Milch nur benutzt, um für Erwachsene im Felde oder auf Reisen einen Ersatz für Milch zu haben, so ist der Zuckerzusatz gleichgiltig; man verdünnt das Präparat mit Wasser und es schmeckt nahezu wie frische Milch. Nährt man aber Säuglinge damit, so nehmen diese die Milch gern, gedeihen prächtig, werden dick und rund, denn es wird ihnen eine Menge von Zucker in löslicher Form zugeführt. Dieses Bild ändert sich jedoch innerhalb 6—8 Wochen plötzlich. Die Kinder fangen an, alles durch Brechen oder Durchfall von sich zu geben, magern ab und gehen häufig an Entkräftung zu Grunde. Diese

Kondensirte Milch.

ungünstige Wirkung beruht darauf, dass der Rohrzucker, wenn er längere Zeit dem Kinde gereicht wird, einen akuten Darm- und Magenkatarrh bewirkt. Schon der Erwachsene kann, wie wir gesehen haben, größere Mengen von Rohrzucker auf die Dauer nicht vertragen. Der Darm des Kindes ist aber noch empfindlicher, zumal Rohrzucker im Magen sehr leicht unter der Einwirkung der dort immer vorhandenen Pilze in die milchsaure und schleimige Gärung verfällt. An diesen akuten Katarrhen gehen die Kinder sehr leicht zu Grunde. Ihre Kräfte verfallen und sie magern innerhalb kurzer Zeit ab, weil sie nicht mehr genug Nahrungsstoffe resorbiren können, da bei der vermehrten Peristaltik die Speisen so schnell den Darm passiren, dass der größte Teil der Nahrung unresorbirt ausgeschieden wird.

Kindersterblichkeit.

317. Ich habe schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Sterblichkeit der Kinder größer ist als die der Erwachsenen, und ganz besonders die von Kindern im ersten Lebensjahr. Untersucht man, woran die Kinder sterben, so findet man, dass der größte Prozentsatz auf Erkrankungen des Darmkanals und des Respirationsapparats fällt. Erstere können fast immer auf die hier besprochenen Ursachen zurückgeführt werden. Mangelhafte Ernährung tötet die Kinder, indem sie unstillbare Diarrhöen erzeugt. Damit hängt es auch zusammen, dass die größte Mehrzahl dieser Erkrankungen in die heiße Jahreszeit fällt, wo die Milch oder die statt ihrer benutzten Surrogate sehr schnell der Zersetzung ausgesetzt sind, und dass die überwiegende Mehrzahl der Todesfälle die Kinder der ärmern Bevölkerung betrifft, deren Ernährung natürlich häufiger mangelhaft ist als die der Kinder der Wohlhabenden. Im Frühjahr und Herbst dagegen herrschen die Respirationskrankheiten vor, weil bei den plötzlichen Temperaturwechseln Erkältungen häufiger vorkommen. Und bei diesen fällt ein größerer Prozentsatz auf die Kinder der Wohlhabenden, welche häufig aus Misverstand verzärtelt werden und dadurch empfindlicher sind. Wenn wir also die Ursachen der Darmerkrankung verhindern können, so werden wir eine große Anzahl von Kindern retten und dadurch die Gesammtsterblichkeit vermindern. Es kommen neuerdings auch Präparate von kondensirter Milch in den Handel ohne Zusatz von Zucker. Bewähren sich diese, worüber ich nichts habe erfahren können, so wäre damit für viele Fälle ein großer hygienischer Vorteil errungen.

Stärkehaltige Surrogate.

318. Bisher hatten wir es immer noch mit Milch zu thun. Wo aber diese in keiner Form aufzutreiben ist, da gibt man den Kindern noch andre Surrogate. Die Zeitungen wimmeln von Anzeigen angeb-

lich vortrefflicher Mittel für die Ernährung der Säuglinge. Einige davon sind zeitweise sehr beliebt und verschwinden wieder, um unter andern Namen wieder aufzutauchen. So z. B. wird einfaches Stärkemehl, aus irgend einer Quelle stammend, als *Revalenta Arabica* angepriesen, hat aber keinen andern Wert, als andre Sorten von Stärke. Man kann nicht genug vor der Verwendung dieser Mehle warnen. Von Stärke allein kann kein Mensch leben, ein Säugling aber am wenigsten, denn er kann sie nicht einmal verdauen. Es ist nachgewiesen, dass die Funktion der Speicheldrüsen erst drei Monate nach der Geburt in Gang kommt. Dasselbe gilt wahrscheinlich auch vom Pankreas. Das Kind ist auf die Umsetzung der Stärke in Zucker nicht eingerichtet. Gibt man ihm Stärke, so wird dieselbe ganz unverdaut abgehen oder nur in sehr geringer Menge verwandelt werden, wird lange im Magen liegen bleiben, in die milchsaure Gärung übergehen und auch noch der Ausnutzung der Eiweißkörper der Nahrung schaden. Deshalb ist Stärke auch als Zusatz zur Milch zu vermeiden, und besonders ist vor der Anwendung aller Arten von Brei oder Muß zu warnen, wie sie aus Roggen- oder Weizenmehl und Milch mit Zusatz von Zucker bereitet werden. Dieselben sind um so gefährlicher, als solcher Brei oft in größerer Menge bereitet wird, um ihn jederzeit zur Verfügung zu haben, und deshalb meist schon, ehe er dem Kinde gereicht wird, sauer geworden ist, wo er dann Produkte enthält, die geradezu giftig wirken. Noch mehr gilt das, wenn der Brei in Form des sogenannten Schnullers in den Mund gesteckt wird, denn ein solcher gibt zum Ansiedeln der Pilze und zur Bildung von Milchsäure noch mehr Anlass. Aus demselben Grunde habe ich ja schon darauf hingewiesen, wie gefährlich es ist, die Milch zur Zeit des Nichtgebrauchs in offenen Gefäßen warm zu erhalten; denn dabei fallen immer Pilze hinein, und bei der höhern Temperatur ist die Entwicklung derselben am meisten begünstigt.

Präparirte Stärke.

319. Es fragt sich nun, ob man die Stärke verwandeln kann in einen leicht löslichen, auch ohne Speichel verwertbaren und resorbirbaren Körper. Unter den Präparaten, welche das anstreben, ist anzuführen das Nestle'sche Kindermehl. Nach den Angaben des Fabrikanten besteht es aus Milch und Weizenmehl, welches letztere der Einwirkung von überhitztem Wasserdampf ausgesetzt worden ist, wodurch die Stärke in Dextrin und etwas Traubenzucker verwandelt wird. Untersucht man dieses Mehl und ähnliche Präparate mit dem Mikroskop, so findet man freilich, dass diese Umwandlung nicht vollständig vor sich gegangen ist; man kann durch Zusatz von Jod noch

ziemlich viel Stärke nachweisen. Wenn man Stärke mit einem zuckerbildenden Ferment behandelt, so geht die Überführung ganz allmählich vor sich; es bildet sich zuerst sogenannte lösliche Stärke, die Jod noch blau färbt. Wenn solche vorhanden ist, so wird sie in Bezug auf die Ernährung von Kindern wertvoller sein, als gewöhnliche. Bei weiterer Einwirkung bildet sich *Erythrodextrin*, welches sich mit Jod rot färbt, dann *Achroodextrin*, welches sich mit Jod nicht färbt, und endlich Traubenzucker. Alle diese Übergangsstufen kommen wohl auch bei der Umwandlung der Stärke durch überhitzten Wasserdampf vor und werden sich daher in dem Präparat finden. Das wäre immerhin ein Gewinn. Trotzdem dürfte das NESTLE'sche Kindermehl nicht zu empfehlen sein für ganz junge Kinder bis zu 4 Monaten, dagegen bewährt es sich für ältere Kinder, besonders wenn in der Entwöhnungsperiode allmählich zu konsistenterer Nahrung übergegangen werden soll. Die Kinder nehmen das Mehl in Form von Brei recht gern und gedeihen gut dabei.

LIEBIG'sche Suppe.

320. In dieselbe Klasse von Präparaten gehört die LIEBIG'sche Suppe, welche LIEBIG empfohlen hat, weniger für Säuglinge als für andre Zwecke z. B. für Rekonvaleszenten. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich, weil oft die Verdauung sehr darnieder liegt und die Sekrete in spärlicher Menge abgesondert werden, so dass man also nicht stärkehaltige Nahrung geben kann. Die LIEBIG'sche Suppe soll also eigentlich die Milch nicht ersetzen, ist aber dennoch von Kinderärzten außerordentlich gepriesen worden als Ersatz der Milch für Säuglinge, während andre das nicht bestätigen konnten. Die Präparation besteht darin, dass Weizenmehl der Milch zugesetzt wird, und durch Behandlung mit Malz in Traubenzucker umgewandelt wird. Bei dem Keimen der Gerste bildet sich bekanntlich ein Ferment, die Diastase, welche die Eigenschaft hat, Stärke in Zucker umzuwandeln. Man kann diese aus dem Malz durch Wasser ausziehen und wenn man sie zu Stärkekleister zusetzt, so verwandelt sie die Stärke in Zucker. Die Vorschrift ist nun die, dass man das geschrotete Malz mit Wasser und Weizenmehl verrührt und bei einer Temperatur von 30—40° fortwährend rührt, bis der Brei dünnflüssig wird, und dass man dann Milch zusetzt. Man erhält so eine Milch, die durch den aus der Stärke entstandenen Zucker und den Kleber des Weizenmehls angereichert ist und zwar sind die Verhältnisse derart, dass die Milch in demselben Volumen doppelt so viel Nährsubstanz enthält als gewöhnliche. Für Kinder würde man sie daher verdünnen müssen. Ob damit ein großer Vorteil gewonnen wird, ist zu bezweifeln: Die Zu-

bereitung ist eine schwierige, wegen der Notwendigkeit, die richtige Temperatur einzuhalten. Aus Fabriken kann man diese Suppe nicht beziehen, weil sie nicht haltbar ist; also nur unter ganz besondern Umständen könnte man sich selbst diese bereiten für einen bestimmten Zweck, und dann fragt es sich, was ist dabei gewonnen? Man kann den Traubenzucker fertig kaufen; wenn man ihn zusetzen wollte, wäre das bequemer.

Künstliche Milch.

321. Zum Schluss will ich noch erwähnen, dass man auch versucht hat, Milch künstlich herzustellen. Die hierzu gegebne Vorschrift lautet: Man löst in $^1/_2$ Liter Wasser 30 g Traubenzucker, dazu setzt man 12 g trocknes Eiweiß, 1 g krystallinisches Natriumkarbonat und 48 g feines Olivenöl. Diese Mischung erwärmt man unter fortwährendem Umrühren, und wenn die ganze Masse eine gleichmäßige Emulsion geworden ist, so fügt man $^3/_4$ Liter Wasser und etwas Leimgallerte zu. Der Sinn dieses Rezepts ist folgender: Die einzelnen Substanzen der Milch sollen durch möglichst analoge ersetzt werden; statt Kasein wird Eiweiß genommen, statt des Butterfettes Olivenöl, statt des Milchzuckers Traubenzucker. Die Leimgallerte endlich soll die Emulsion etwas haltbarer machen. Als das Rezept angeboten wurde, waren gleich Empfehlungen von Ärzten da, doch kam es meines Wissens niemals in Gebrauch.

Milch kranker Tiere.

322. Ehe wir die Milch verlassen, müssen wir noch die Frage erörtern, ob die Milch kranker Tiere oder gesunde Milch durch Zusätze Eigenschaften zu erlangen vermag, durch welche sie gesundheitsgefährlich wird. So lange die Verfälschungen nur darin bestehen, dass die Milch abgerahmt oder ihr Wasser zugesetzt wird (vorausgesetzt, dass dieses Wasser r e i n ist) ist nur der Nähr- und Geldwert vermindert, aber die Milch kann nicht schädlich wirken. Auch was sonst an Verfälschungen vorkommen soll, Zusatz von Stärke, Mehl, Eiweiß, Zucker, Gyps, Kreide, Kalbshirn u. d. g., ändert hierin nichts. Ich sage ausdrücklich, vorkommen s o l l; denn ich weiß nicht, ob sie jemals wirklich nachgewiesen worden sind. Gyps, Kreide u. d. g. würden jedenfalls nicht in irgend nennenswerter Menge zugesetzt werden können, ohne sich sogleich durch Bildung eines Bodensatzes beim Stehen der Milch zu verraten; Zusatz von Zucker oder Eiweiß zu dem Zweck, das durch Verdünnung verminderte spezifische Gewicht wieder zu erhöhen, würde kaum einen lohnenden Gewinn abwerfen.

Aber durch bloßen Wasserzusatz kann unter Umständen etwas in die Milch gelangen, was dieselbe gefährlich macht. Es ist that-

sächlich beobachtet worden, dass durch die Milch Krankheiten übertragen wurden, insbesondre Typhus durch den Genuss von Milch, welche von einem Orte gekommen war, in dem Typhuskranke sich befanden. Dieselbe Angabe ist für Scharlach gemacht worden. Der Modus solcher Übertragung ist wahrscheinlich folgender: Es kommt z. B. ein Knecht aus der Stadt auf das Dorf, bringt aber schon einen Typhus mit. Der Typhus ist eine Krankheit, die hauptsächlich den Darm betrifft und wahrscheinlich durch einen spezifischen Mikroorganismus erzeugt wird. Dieser geht mit dem Kote ab und gelangt mit ihm in die Abtrittsgrube. Die Grube ist nicht dicht, die Jauche verbreitet sich im Erdreich und damit auch die Mikroorganismen. Schließlich kommen sie in die Brunnen. Das Wasser wird der Milch zugesetzt oder vielleicht auch nur benutzt zum Spülen der Milchgefäße: die Krankheitserreger kommen in die Milch und durch diese in diejenigen, welche die Milch trinken. Das alles ist freilich nur Hypothese. Wenn aber die Möglichkeit einer solchen Übertragung zugegeben werden muss, so liegt jedenfalls darin eine Mahnung zur Vorsicht und die Aufforderung, die Milch immer zu kochen vor dem Genuss, weil die fraglichen Krankheitserreger jedenfalls durch Siedhitze getötet werden.

Ob die Milch außerdem noch schädliche Eigenschaften haben kann, insbesondre ob die Milch von kranken Tieren Krankheiten erzeugt, ist nicht sicher. Es ist vielfach die Meinung ausgesprochen worden, dass man sich hüten solle vor der Milch von perlsüchtigen Kühen. Was die Tierärzte Perlsucht nennen, ist identisch mit Tuberkulose. Nun ist nicht wohl anzunehmen, dass die Tuberkelbacillen aus dem kranken Tier direkt in das Sekret der Milchdrüsen übergehen. Aber dass sie leicht in die Milch hineingeraten können während des Melkens und nach demselben, ist wohl zu glauben. Denn wo kranke Tiere vorhanden sind, ist die Luft mit dem Staub der eingetrockneten Auswurfsstoffe vermengt, und in diesem kommen die Bacillen oder ihre Sporen vor. Es wird deshalb auch in diesem und in ähnlichen Fällen geraten sein, die Milch solcher kranker Tiere lieber nicht zu gebrauchen.

Siebenunddreissigste Vorlesung.

Die Genussmittel.

Fleischbrühe und Fleischextrakt. — Thee. — Kaffee, Kakao und Schokolade. — Alkoholische Getränke. — Branntwein. — Wein. — Bier. — Der Tabak. — Tabakrauch. — Opium, Haschisch und Arsenik.

323. Von den Nahrungsstoffen unterscheiden sich, wie wir gesehen haben, die Genussmittel dadurch, dass sie wenig oder gar nicht zur Erzeugung von Wärme und Arbeit beziehungsweise zum Ersatz abgenutzter Gewebe beitragen, sondern dass sie nur wegen ihrer Wirkungen auf das Nervensystem genossen werden, mögen diese nun nützliche oder auch, was besonders bei übermäßigem Genuss der Fall ist, schädliche sein.

Fleischbrühe und Fleischextrakt.

Wie die Nahrungsstoffe, so werden auch die wirksamen Bestandteile der Genussmittel selten oder nie als chemisch reine Substanzen genossen, sondern sie sind in Naturprodukten oder aus diesen hergestellten Präparaten mit andern Stoffen gemischt vorhanden. Diese können zuweilen neben den wirksamen Genussmittelstoffen auch wirkliche Nahrungsstoffe enthalten, aber das ist nicht der Grund, warum wir sie genießen. So finden sich in einem Liter Bier kleine Mengen von Eiweiß, Dextrin und Zucker, also echte Nahrungsstoffe; aber wenn wir uns darauf berufen würden, dass wir deswegen Bier trinken, so würde man uns mit Recht entgegnen, das könnten wir einfacher und billiger haben. Dasselbe ist der Fall mit Thee und Kaffee, kurz mit allen Genussmitteln.

Wir können sogar so weit gehen zu behaupten, dass der Gebrauch dieser Mittel innerhalb gewisser Grenzen nicht nur ein nützlicher, sondern sogar ein notwendiger ist. Wie weit das der Fall ist, lässt sich allgemein nicht bestimmen; denn das hängt nicht bloß von der Gewohnheit des betreffenden Menschen, sondern von vielen andern Umständen ab, so ob die betreffenden Individuen eine geistig abspannende Lebensweise führen, ob sie in Kälte und Nässe arbeiten etc.

An die Spitze aller Genussmittel können wir die Fleischbrühe stellen. Sie ist physiologisch so wertvoll, da sie frei vom Verdacht ist, dass sie im Übermaß genossen und dadurch schädlich werden könnte, obgleich dies nach ihrer Zusammensetzung möglich wäre, denn sie

ist reich an Kaliumsalzen. Die Kaliumsalze sind aber starke Herzgifte. In den Schalen der Kartoffeln sind sie im Mittel etwa zu 0,6% enthalten. Da diese nicht genossen werden, die Salze auch beim Kochen in das Kochwasser übergehen, ist von ihnen keine Gefahr zu befürchten. Bei der Fleischbrühe liegt die Sache etwas anders. Man kann einen Hund vergiften, wenn man ihm die Kaliumsalze, die in einer kleinen Büchse LIEBIG's Fleischextrakt enthalten sind, auf einmal gibt. In der gewöhnlich genossenen Fleischbrühe aber ist der Kaliumgehalt zu gering, um zu schaden. Vielleicht tragen sie sogar etwas zur belebenden Wirkung der Fleischbrühe bei, da geringe Dosen derselben den Herzschlag etwas kräftigen. Der Hauptwert der Brühe aber beruht auf ihrem Gehalt an den sogenannten Extraktivstoffen, namentlich Kreatin, Kreatinin und Sarkin, welche der Fleischbrühe nicht nur ihren angenehmen Geschmack verleihen, sondern auch die eigentlichen Nervina derselben sind.

Bei der Kostbarkeit des Fleischs ist es ein großer Vorteil, dass diese immerhin wertvollen Stoffe aus dem Fleisch solcher Länder, in denen dasselbe im Überfluss vorhanden ist, dargestellt und uns zugänglich gemacht werden. Es ist eines der zahlreichen Verdienste LIEBIG's, hierzu die Anregung gegeben zu haben, und LIEBIG's Fleischextrakt hat sich deshalb auch schnell seinen Platz in den Haushaltungen der ganzen Welt erobert.

Zur Darstellung des Fleischextrakts wird mageres Fleisch zerhackt, in Wasser gekocht, die in die Lösung übergegangenen Eiweißkörper und das Fett möglichst entfernt, und die Lösung, welche die Extraktivstoffe, Salze und etwas Leim enthält, zur dicken Syrupkonsistenz eingedampft. Die Rückstände, welche alle Eiweißkörper enthalten, werden mit den Knochen als Viehfutter und Düngemittel verwertet. Natürlich würde es für unsre Ernährung noch vorteilhafter sein, wenn wir das ganze Fleisch jener Tiere, welche jetzt zur Fleischextraktbereitung verwendet werden, zu mäßigem Preise in genießbarem Zustand erhalten könnten. So lange dem aber noch unüberwindliche Hindernisse entgegen stehn, ist der Gewinn, den wir vom Fleischextrakt haben, doch immer ein großer, da er eine Ersparnis andren Fleischs, das sonst zur Brühe Verwendung finden müsste, und eine Vermehrung der Genussmittel in unserm Haushalt bedeutet.

Durch bloße Mischung von Fleischextrakt mit Wasser und etwas Kochsalz ist freilich eine gute Fleischbrühe nicht zu ersetzen. Aber durch Zusatz des Extrakts zu schwacher Fleischbrühe kann dieselbe

verbessert werden, und das ermöglicht eine bessere Ausnutzung des Fleischs, wie ich dies schon bei der Besprechung des Fleischs auseinandergesetzt habe (vgl. § 263 u. 264). Besonders zu empfehlen aber ist der Zusatz des Extrakts zu Suppen aus pflanzlichen Stoffen (Mehl, Reis, Sago u. d. g.), welche dadurch neben ihrem Nahrwert noch die Vorzüge der Fleischbrühe erhalten.

324. Der Fleischbrühe am nächsten stehen die alkaloidhaltigen **Thee.** Genussmittel: Thee, Kaffee, Kakao und die aus diesem bereitete Schokolade.

Der Thee ist ein Aufguß von Blättern der Theestaude, *Thea Chinensis*, einer nicht nur in China, sondern auch in andern Ländern angebauten Pflanze, deren Blätter neben Eiweißkörpern, Gummi, Dextrin und aromatischen Substanzen (ätherischem Öl) das Alkaloid Theïn enthalten. Außerdem sind sie ziemlich reich an Gerbsäure, was dem Aufguss den adstringirenden Geschmack verleiht. Dasselbe Alkalolid kommt auch in Pflanzen vor, welche zu ganz andern Klassen gehören, so in *Ilex Paraguensis*, deren Blätter schon vor der Entdeckung von Südamerika von den Eingebornen in ähnlicher Weise wie in China der Thee benutzt worden sind. Sie sind auch bei uns käuflich, haben aber dem Thee noch keinen Abbruch gethan, da ihr Geschmack kein besonders zusagender ist. Ihre weitere Verbreitung wäre ganz nützlich, da die Wirkung dieselbe, der Preis aber um die Hälfte billiger ist. Dass der chinesische Thee an Ort und Stelle erst eine Fabrikation durchmachen muss, dass die Blätter getrocknet und dann auf heißen Kupferplatten geröstet werden, ist bekannt.

Der Theeimport ist sehr bedeutend. Der Hauptheehandel ist augenblicklich in London, demnächst in Königsberg. Früher bezog man den Thee auf dem Landwege als Karawanen- oder russischen Thee. Jetzt aber bekommen die Russen, welche starke Theetrinker sind, den größten Teil ihres Bedarfs über England und zum Teil über Königsberg.

Das gerbsaure Theïn ist in kaltem und heißem Wasser, in letzterem leichter, löslich. In geringen Mengen übt es eine angenehme Wirkung auf das Zentralnervensystem aus, in größern Mengen wirkt es oft aufregend, so dass man nicht schlafen kann. Es regt die Phantasie an, macht gesprächig, verscheucht die Ermüdung und erweist sich besonders nützlich, wenn der Mensch durch übergroße geistige oder körperliche Anstrengung erschlafft ist oder durch starke Wärmeverluste eine Herabsetzung der Energie des Zentralnervensystems erleidet. Wir können den Thee um so mehr als ein nütz-

liches Genussmittel ansehen, als von ihm schädliche Eigenschaften kaum zu befürchten sind. Es ist zwar wohl möglich, dass allzu eifriger Theegenuss, wie er in China und Holland vorkommt, auch auf die Gesundheit nachteilig wirkt, nach unsern Gewohnheiten ist das aber kaum zu befürchten. Jedenfalls kann man beträchtliche Mengen genießen, ehe er schadet. Mit einer Dosis von 2–3 g reinen Theïns kann man gefährliche Erscheinungen hervorrufen, aber die Menge, welche wir selbst in starken Aufgüssen genießen, liegt innerhalb der Grenze weniger Milligramme.

Der Theegenuss hat eine Steigerung der Herzthätigkeit und zugleich eine Erweiterung der Gefäße zur Folge, so dass die Blutzirkulation beschleunigt und dadurch die Energie der Hirnfunktionen vermehrt wird. Nach E. Smith vermehrt er die Ausscheidung der Kohlensäure, nach Rabuteau u. A. vermindert er die Ausscheidung von Harnstoff.

Neben dem Theïn und der Gerbsäure gehen in den Aufguss auch geringe Mengen von Eiweißkörpern, das ätherische Öl, von welchem das Aroma abhängt, etwas Dextrin, Fette u. a. über. Der bittere Geschmack des Aufgußes, welcher entsteht, wenn der Thee zu lange „gezogen“ hat, rührt wohl hauptsächlich von der Gerbsäure her.

Kaffee, Kakao und Schokolade.

325. Es ist eine sehr auffallende Sache, dass der wirksame Bestandteil des Kaffees von dem des Thees kaum oder gar nicht zu unterscheiden ist. Man bezeichnet ihn zwar als Koffeïn, aber die Reaktion und Zusammensetzung ist die gleiche, wie die des Theïns und es scheint, wenn Kaffee und Thee nicht in der gleichen Weise wirken, dass dies von den Beimengungen herrührt, die noch darin enthalten sind. Die gewöhnliche Kaffeebohne von *Coffea Arabica*, welche in verschiedenen Abarten gebaut wird, enthält ziemlich viel Eiweißkörper, Fette, Traubenzucker, Dextrin, ferner die Kaffeegerbsäure u. a., welche auch in die Lösung übergehen, aber in sehr geringer Menge. Dagegen gehen beim Rösten oder Brennen der Bohnen Prozesse vor sich, wodurch sich flüchtige aromatische Substanzen bilden, welche physiologisch nicht unwichtig sind. Gleichzeitig geht der Zucker in Karamel über, welcher dem Aufguss die braune Farbe verleiht. Im ganzen geht etwa $^1/_4$ von dem Gewicht der gerösteten Bohnen in den Aufguss über. In einer Portion Kaffee (aus 15 g Bohnen) sind etwa 4 g gelöste Stoffe und darunter 0,25 g Koffeïn enthalten.

Die physiologische Wirkung des Kaffees stimmt mit der des Thees überein, doch enthält der erstere etwas mehr Nährstoffe.

Die Kakaobohnen sind die Samen des Kakaobaums (*Theobroma Kakao*). Sie enthalten das dem Koffeïn nahe verwandte Alkaloid Theobromin, die Kakaobutter, stärkeartige Stoffe, viel Zellulose u. a. Die Bohnen werden geröstet und von den Schalen befreit (enthülst); außerdem wird ihnen gewöhnlich ein großer Teil ihres Fettes entzogen. Die so gewonnene Masse kommt als entölter Kakao, meist in fein zerriebenem Zustand in den Handel. Mit Wasser oder Milch gekocht gibt Kakao ein wegen seines Gehalts an Fett und Stärke verhältnismäßig nahrhaftes Gericht.

Mit Zucker und Gewürzen gemischt geben die enthülsten und gemahlenen Kakaobohnen die Schokolade, welche deshalb gleichfalls nahrhafte Stoffe enthält. Jedenfalls ist das Verhältnis der Nährstoffe zum Alkaloid ein größeres, als bei Thee und Kaffee, so dass Kakao und Schokolade den Übergang zu den Nahrungsmitteln bilden. Das wesentliche an ihnen ist aber wieder die Wirkung auf das Nervensystem, welche derjenigen, die wir beim Thee kennen gelernt haben, ähnlich ist.

326. Den eben genannten Genussmitteln können wir gegenüberstellen die alkoholischen, unter denen wir hauptsächlich zu unterscheiden haben die durch einfache Gärung dargestellten Getränke, welche Alkohol, verdünnt mit Wasser, enthalten und wo die Beimengungen untergeordnete Bedeutung haben, von solchen, die durch Zusätze aller Art einen besondern Charakter erhalten (Liköre u. d. g.). Der Alkohol wird gewonnen durch Gärung von Zucker, gleichgiltig ob der Zucker fertig in der Natur vorkommt oder aus Stärkemehl durch Einwirkung von Diastase entstanden ist. Die gegornen Flüssigkeiten sind meist ziemlich arm an Alkohol. Durch Destillation kann man denselben zum Teil vom Wasser trennen, und erhält Branntweine, in denen der Alkohol in konzentrirterem Zustande enthalten ist.

Alkoholische Getränke.

Zur Alkoholgewinnung können die verschiedenartigsten zuckerhaltigen Früchte benutzt werden: Weintrauben, die verschiedenen Obstarten, Beerenfrüchte u. s. w. Rohrzucker, welcher direkt nicht vergären kann, muss erst invertirt d. h. in Invertzucker, ein Gemenge von Dextrose oder Traubenzucker und Levulose, umgewandelt werden, was durch die Hefe, die dann auch noch die Gärung bewirkt, mitbesorgt wird. Bei der Alkoholbereitung aus mehligen Stoffen wird erst die Stärke in Zucker übergeführt und dann aus diesem der Alkohol durch Gärung gewonnen.

Die Gärung, genauer gesagt alkoholische Gärung, beruht stets auf der Einwirkung von Hefe d. h. eines Pilzes (*Saccharomyces cerevisiae* und einige andre Arten derselben Gattung), welche in zuckerhaltigen Flüssigkeiten, wenn dieselben noch etwas Eiweißkörper und Salze enthalten, sich schnell vermehrt und dabei den Zucker in Kohlensäure und Alkohol zerlegt ($C_6H_{12}O_6 = 2\,(C_2H_5OH) + 2\,CO_2$). Die Vermehrung der Hefe erfolgt dabei durch Sprossung. Wenn aber die Hefe bei ungenügender Nahrung im feuchten Zustande verweilt, so bilden sich innerhalb der Hefezellen Sporen. Diese können auch im trocknen Zustande sehr lange lebensfähig bleiben. Auf der Oberfläche der Weinbeeren und Obstfrüchte kommen derartige Sporen stets, wenn auch in geringer Menge, vor; sie sind auch in der Luft, namentlich an Orten, wo Gärungen vor sich gehen, vorhanden. Sie gelangen daher ohne Zuthun des Menschen in die zuckerhaltigen Flüssigkeiten und versetzen dieselben in Gärung, nachdem sich aus ihnen wieder Pilze entwickelt haben. In andern Fällen aber, namentlich bei der Bereitung von Alkohol aus Stärke, wird die Hefe absichtlich der zu vergärenden Masse (der Maische) zugesetzt.

Branntwein. **327.** Die auf letzterem Wege, namentlich die aus Kartoffeln gewonnenen gegorenen Getränke enthalten in der Regel neben dem Aethylalkohol noch andre Alkoholarten und müssen erst einer Reinigung unterworfen werden. Auch sonst können aus dem Rohmaterial allerlei Substanzen in die gegorene Flüssigkeit übergehen. Wenn wir Schnaps aus Kirschen oder Pflaumen bereiten, so enthält er Spuren von Blausäure, welche in den Kernen der Früchte vorkommt und bei der Destillation mit übergeht. Die neben dem Aethylalkohol (C_2H_5OH) hauptsächlich vorkommenden andren Alkohole sind der Amylalkohol, der Propyl- und der Butyl-Alkohol. Es kommen aber auch andre, noch kohlenstoffreichere Alkohole vor. Alle diese Beimengungen unterscheiden sich von dem Aethylalkohol durch ihren höheren Siedepunkt und können daher durch fraktionirte Destillation von ihm getrennt werden. Der reine Aethylalkohol siedet bei 78°, der Propylalkohol bei 97°, der Butylalkohol bei 116°, der Amylalkohol bei 130° u. s. w. Diese höhern Alkohole haben meist einen sehr starken, unangenehmen Geruch und Geschmack und werden zusammengefasst unter dem Namen Fuselöl. Man erkennt sie, wenn man fuselhaltigen Spiritus auf der Hand verreibt, wobei sie nicht so leicht verdunsten wie der Aethylalkohol, an dem spezifischen Geruch des Rückstands. Diese Beimengungen werden aus dem durch Gärung und Destillation gewonnenen Rohspiritus durch die sogenannte

Rektifikation größtenteils entfernt, indem man die bei der Destillation übergehenden Alkoholdämpfe durch feingekörnte und frisch ausgeglühte Holz- oder Knochenkohle streichen lässt, wobei das Fuselöl in der Kohle zurückgehalten wird. Auf diese Weise wird in den großen Brennereien Norddeutschlands oder in eigenen Rektifikationsanstalten, welche den Rohspiritus aus den Brennereien beziehen, eine große Menge ziemlich reinen Alkohols dargestellt, welcher teilweise, mit Wasser verdünnt, als Branntwein getrunken wird, teilweise aber auch nach Frankreich und Spanien ausgeführt wird, um dort zur Fabrikation der feinen Liköre, sowie zum Verschneiden der Weine zu dienen.

Chemisch reiner Alkohol wird nicht getrunken. Er wirkt auf die Schleimhäute stark wasserentziehend und erzeugt Blasen; selbst auf der Epidermis erregt er heftigen Schmerz. Sogenannter absoluter Alkohol enthält immer noch 5–10% Wasser, der Sprit 20–25%. Getreidebranntwein enthält weniger Amylalkohol als Kartoffelbranntwein.

Die verschiedenen Schnäpse werden entweder erzeugt durch Vermischen des Alkohols mit Wasser in passendem Verhältnis oder durch Destilliren der gegornen Flüssigkeit aus einfacheren Apparaten, aus denen ein wasserreicheres Destillat übergeht. Durch Destillation mit einer Substanz, welche ätherische Öle enthält, oder durch Vermischen reinern Alkohols mit Zucker, Fruchtsäften, ätherischen Öle u. d. g. erzeugt man die verschiedenartigsten Liköre. Diese Schnäpse enthalten je nach Umständen zwischen 30 und 50% reinen Alkohol.

Ächter Kognak wird durch Destillation von Wein, geringere Sorten aus Weintrestern (dem Rückstand der Trauben nach der Kelterung) bereitet; Arrak wird aus Reis, Rum aus Zuckerrohr gewonnen. Was bei uns unter diesen Namen verkauft wird, ist aber meist aus gut gereinigtem Kartoffelspiritus durch Zusatz von Färbemitteln und einem entsprechenden „Bouquet“ dargestellt.

328. Die zweite Klasse von alkoholischen Getränken wird dargestellt durch den Wein, ein Produkt, welches durch freiwillige Gärung von zuckerhaltigen Substanzen gewonnen ist und welches nicht gebrannt ist. Wein im engern Sinne ist das Produkt der Gärung von Weintrauben. Der Gehalt an Alkohol im Wein schwankt außerordentlich; die leichtesten Weine enthalten 6 8%, die schwersten 20–21%. Sehr schwere, alkoholreiche Weine kann man nur bekommen, wenn man sehr zuckerreiche Trauben hat, wie sie bei der starken Einwirkung der Sonne in südlichen Ländern gewonnen werden. Je reifer die Trauben bei günstigem Boden und guter Lage werden, Wein.

desto zuckerreicher und säureärmer werden sie. In den besten Weingegenden des Rheingaus lässt man deshalb die Trauben so lange als irgend möglich am Stock, bis sie fast trocken sind. Manche Südweine werden sogar aus wirklich trocknen Trauben (Rosinen) hergestellt.

Wenn man sehr zuckerreiche Flüssigkeiten in Gärung versetzt, so wird nicht aller Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Gleichgiltig ob man Hefe zusetzt oder die Sporen des Hefepilzes schon vorhanden waren, sobald der Alkoholgehalt der gegornen Flüssigkeit auf 16–20% steigt, entwickeln sich die Hefepilze nicht weiter; die Gärung hört auf. Daher kann man durch Gärung keinen Wein herstellen, der reicher an Alkohol ist als höchstens 20%. Wenn aber dann noch Zucker in Vorrat vorhanden ist, so bleibt er unverändert in der Flüssigkeit und man bekommt süßen Wein. Man kann natürlich dieses alles auch künstlich herstellen, indem man zu dem Traubensaft noch Zucker hinzufügt und denselben mitgären läßt, oder indem man dem Most, nachdem ein Teil des Zuckers vergoren ist, Alkohol zusetzt. Das letztere ist wohl bei den Südweinen meistens der Fall, muss sogar geschehen, weil ohne solchen Zusatz so zuckerreiche Weine nicht haltbar sind. An und für sich kann man also gegen solche Zusätze nichts einwenden, vorausgesetzt, dass die Zusätze, namentlich der Traubenzucker, der dazu verwandt wird, rein sind. Das ist bei dem käuflichen, aus Kartoffelstärke fabrizirten Traubenzucker nicht der Fall. Er enthält Substanzen, welche unangenehm schmecken, und welche bei der Vergärung dem so gewonnenen Wein auch nicht ganz gleichgültige Zersetzungsprodukte beimischen. Ein großer Teil der unter den Namen Tokayer, Malaga, Portwein u. s. w. verkauften Weine ist aber überhaupt nicht auf Weinbergen, sondern im Laboratorium gewachsen, d. h. es sind Mischungen von etwas gewöhnlichem Wein, Zucker, Alkohol und Essenzen. Und das ist um so mehr zu bedauern, als diese Weine sehr oft als „Medizinalweine“ für Kranke und Rekonvaleszenten Verwendung finden.

Je nach der Beschaffenheit der Trauben enthält der Wein neben dem Alkohol und einem Rest unvergornen Zuckers noch Säuren, hauptsächlich Weinsteinsäure, daneben (besonders bei geringern Sorten) Äpfel- und bei mangelhafter Gärung Essigsäure, welche teils frei, teils in Verbindung mit Alkalien vorhanden sind, ferner Kalium und Calcium, an Phosphorsäure und Schwefelsäure gebunden. Außerdem kommen vor eine Anzahl von flüchtigen aromatischen Substanzen, welche die Blume oder das Bouquet ausmachen, Ätherarten,

namentlich den sogenannten Oenantäther, sowie Glyzerin und Bernsteinsäure, welche neben dem Alkohol bei der Gärung aus dem Zucker sich abspalten. In den roten Weinen kommt dann noch Gerbsäure vor, welche aus den Stielen und den Schalen der Beeren stammt.

Für die Güte des Weins ist hauptsächlich das Verhältnis von Zucker zu Säure im Most bestimmend, welches in verschiednen Jahren sehr wechselt. Geringere Sorten geben in schlechten Jahren einen gar nicht trinkbaren Wein, sondern müssen verbessert werden. Solche Verbesserungen sind:

1) Das Chaptalisiren, Zusatz von Calciumkarbonat zur teilweisen Neutralisirung der Säure und von reinem Hutzucker zum Most.

2) Das Gallisiren, Zusatz von Wasser, um den Säuregehalt auf den wünschenswerten Grad herabzudrücken, und von Zucker, um dem so verdünnten Most wieder den richtigen Zuckergehalt zu geben.

3) Das Petiotisiren, Übergießen der Weintrestern mit Zuckerwasser und nochmalige Vergärung. Der so gewonnene Nachwein ist weniger sauer, ist aber im Übrigen dem vergorenen Most gleich. Das Verfahren kann mehrmals wiederholt werden; die so erhaltenen Weine werden gemischt, wodurch der Säuregehalt des ersten Weins herabgesetzt wird.

Weniger unschuldig als diese Verfahrungsweisen, durch welche, wenn reiner Zucker verwendet wird, dem Weine keine gesundheitsschädlichen Stoffe beigemischt werden, ist das Gypsen und das Scheelisiren. Durch Zusatz von Calciumsulphat (gebranntem Gyps) entstehen Calciumphosphat und Calciumtartrat, welche unlöslich sind, und dafür geht Kaliumsulfat in Lösung. Solcher Wein schmeckt weniger sauer, aber das Kaliumsulfat ist doch eine dem Weine nicht zugehörige Verunreinigung. Das Scheelisiren besteht in einem Zusatz von Glyzerin (bis zu 3‰), wodurch der Wein haltbarer wird und, wie man sagt, mehr Körper bekommt. Da geringe Mengen von Glyzerin in jedem Wein vorhanden sind, so ist der Zusatz schwer nachzuweisen.

Um den Wein haltbarer zu machen, erhitzt man ihn nach Pasteur's Vorschlag auf 70°, wodurch alle noch in ihm enthaltenen Pilze getötet werden. Da der Wein dabei keinerlei chemische Veränderung erleidet, so ist gegen das Pasteurisiren nichts einzuwenden.

Außer den Weintrauben dienen in Deutschland noch Äpfel, Birnen, Stachel- und Johannisbeeren zur Herstellung von weinartigen Getränken, aber wohl nur Äpfel in etwas größerem Maß-

stabe. Viel größer als bei uns ist die Weinbereitung aus Äpfeln in der Normandie (Cider). Die Bestandteile der Obstweine sind im wesentlichen dieselben wie die des echten Weins, nur besteht die Säure nicht aus Weinstein-, sondern zum überwiegenden Teil aus Apfelsäure. Dem frischen Most wird, da sein Zuckergehalt meist gering ist, Zucker und Wasser zugesetzt, gerade wie bei dem Gallisiren der geringern Weine; häufig aber erhält der fertige Wein noch einen Zusatz von Sprit.

Auch aus Milch wird durch Gärung ein alkoholhaltiges Getränk bereitet. Unter dem Namen Kumys wird es von den Tartaren aus Stutenmilch dargestellt. In neuerer Zeit wird es auch bei uns als Arzneimittel verwendet. Wegen seines hohen Eiweißgehalts ist Kumys ein leicht verdauliches Nahrungsmittel, welches sich für Rekonvaleszenten und Kranke, die gut genährt werden sollen, als Zusatz zur übrigen Nahrung wohl eignet. Das Kasein der Milch ist im Kumys in einer leicht löslichen, den Peptonen ähnlichen Modifikation enthalten. Kumys wird am besten aus abgerahmter Milch hergestellt, da ein hoher Fettgehalt für die Kranken, deren Verdauung meist darniederliegt, ungünstig sein würde.

Bier. **329.** Die dritte Art der alkoholischen Getränke ist das Bier. Es wird gewonnen aus stärkehaltigen Substanzen, welche erst durch den Maischprozess in Dextrin und Zucker verwandelt werden. Das Hauptgetreide hiezu ist die Gerste. Wenn man sie angefeuchtet in einem warmen Raume sich selbst überlässt, keimt sie. Es entwickelt sich eine kleine Wurzel und der Blattkeim und dabei entsteht das Ferment, welches die Stärke aufzulösen und zur Ernährung der Pflanze verwertbar zu machen im Stande ist. Es liegt uns aber nicht daran, Gerstenpflanzen zu bekommen, wir wollen nur die Umwandlung der Stärke in Zucker. Wenn daher das Ferment, die Diastase, sich genügend entwickelt hat, so unterbrechen wir den Prozess, indem wir das entstandene Malz trocknen und dann bei höherer Temperatur (bis 80°) dörren, so dass die Pflanze abstirbt. Dann wird das Malz von den Keimen befreit, geschrotet und mit Wasser angerührt. Diese Mischung nennt man Maische. Wird diese einer mäßigen Temperatur von 60–65° ausgesetzt, so geht die Wirkung der Diastase vor sich. Ist die Verzuckerung beendet, so wird die Flüssigkeit von den festen Teilen (den Trebern) abgezogen. Diese Flüssigkeit heißt die Würze. In derselben befinden sich alle löslichen Stoffe, neben Dextrin und Zucker hauptsächlich die Salze, und geringe Mengen von Eiweißkörpern. Letztere müssen vor allen Dingen entfernt werden,

sonst würde das Bier nicht haltbar sein. Zu diesem Zweck wird die Würze unter Zusatz von Hopfen gekocht, und dann schnell von diesem abgelassen und abgekühlt. Der wirksame Bestandteil des Hopfens ist das sogenannte Lupulin, ein klebriges Sekret von kleinen Drüsen, in welchem das Hopfenharz, das Hopfenöl, das Hopfenbitter und Gerbsäure enthalten sind. Durch die Wirkung des Harzes und der Gerbsäure werden die Eiweißkörper zum größten Teil unlöslich gemacht. Andrerseits geht aber auch das Hopfenbitter und das ätherische Öl in Lösung, wodurch das Bier seinen Geschmack und sein Aroma erhält. Dieses Gemenge von Dextrin, Zucker, Salzen und Hopfensubstanzen unterwerfen wir nun der Gärung durch Zusatz von Hefe. Dadurch entsteht aus dem Zucker Kohlensäure und Alkohol, und die Extraktivstoffe und Salze bleiben zurück. Je nach der Temperatur entstehen zwei Sorten von Bier, die wir als ober- und untergärig bezeichnen. Ist die Temperatur niedrig, so vermehrt sich die Hefe langsam und bleibt meist auf dem Boden des Gärungsgefäßes. Das geschieht in den Grenzen von + 2 - 4°. Deswegen muss die Gärung in sehr guten Kellern vorgenommen werden, und wenn die Temperatur etwas über die Grenze steigt, muss gleich gekühlt werden durch eiserfüllte in der Würze schwimmende Gefäße. Ist die Temperatur höher (16–25°), so verläuft die Gärung stürmischer; die Hefepilze werden durch die Gasbläschen an die Oberfläche emporgehoben, daher der Name Obergärung. Dabei entstehen Biere, welche nicht so haltbar sind als die untergärigen, auch sind sie häufig alkoholärmer. Der Alkoholgehalt schwankt je nach der Bereitungsweise, je nach der Menge des zugesetzten Wassers zwischen 2–10%, doch kommt der höchste Alkoholgehalt nur bei ganz bestimmten Biersorten, dem englischen Porter etc. vor. Bei unsern bayrischen Bieren schwankt er zwischen 3 und 5%. Auf dem Land und in kleinen Städten gibt es sogenannte Halbbiere, welche mit dem zweiten Aufguss bereitet werden und noch alkoholärmer sein können.

Vom Wein und noch mehr vom Branntwein unterscheidet sich das Bier wesentlich dadurch, dass es neben dem Alkohol noch eigentliche Nährstoffe enthält: Zucker, Dextrin, geringe Mengen von Eiweißkörpern oder den Peptonen ähnliche Modifikationen derselben. Außerdem enthält es Glyzerin, geringe Mengen von Milch-, Essig- und Bernsteinsäure, Salze, namentlich phosphorsaure Alkalien und die erwähnten Stoffe aus dem Hopfen. Die Menge des Zuckers beträgt etwa 1, selten 2%, die des Dextrins 3–4, selten bis zu 8%, die der Eiweißkörper 0,5–4, selten 2%.

Auch aus andern Substanzen wie aus Gerste kann man Bier bereiten, z. B. aus Reis oder aus Weizen. Wenn man Gerste in Malz verwandelt, so bekommt man so viel Diastase, dass man viel größere Mengen von Stärke in Zucker zu verwandeln vermag, als im Malz vorhanden ist. Man kann also noch andere Stärke damit vermischen und eine größere Menge von Bier bereiten. Früher wurde zu diesem Zweck vielfach Reis verwandt, welcher ein sehr gutes Bier gibt. Weniger gilt dies von Kartoffelstärke und dem daraus bereiteten Stärkezucker, vom Mais und andern stärkehaltigen Materialien. In Bayern ist dieser Prozess verboten, nicht aus Gesundheits- sondern aus Steuerrücksichten. Aber auch in denjenigen Ländern, wo ein solches Verbot nicht herrscht, werden doch nur sehr wenig Surrogate verbraucht. Nur Weizen wird in größerem Maßstabe zur Bierbereitung verwandt, teils allein, teils mit Gerste gemischt.

Der Tabak.

330. Zu den Genussmitteln müssen wir auch solche Stoffe rechnen, welche nicht in Form von Speisen und Getränken genossen sondern geraucht werden, wie Tabak oder Opium. Das Tabakrauchen ist ja gerade in Deutschland außerordentlich verbreitet. Trotzdem ist dasselbe als höchst gesundheitsschädlich hingestellt worden. Doch ist das sehr viel weniger der Fall, als viele glauben. Es ist bis jetzt noch nicht festgestellt worden, dass Lungenkrankheiten häufiger bei Rauchern vorkommen als bei andern Menschen. Dass aber ein Übermaß des Tabakrauchens immerhin schädlich werden kann, das beweisen die Fälle von Amaurose und die Herzaffektionen, welche bei leidenschaftlichen Rauchern vorkommen und durch Aussetzen des Rauchens geheilt werden können. Erstere kommt besonders im Orient vor, wo Männer und Frauen häufig das Rauchen nur während des Essens und Schlafens aussetzen; letztere am meisten bei Rauchern frischer Zigarren. Da der orientalische Tabak nur sehr wenig Nikotin enthält und dieses zu den Herzgiften gehört, so muss die Herzaffektion wohl diesem Alkaloid zugeschrieben werden. Es ist schwierig zu sagen, worauf die Wirkung des Tabaks beruht. Wenn Tabak gekaut oder geschnupft wird, so können die löslichen Bestandteile desselben zum Teil resorbirt werden. Beim Rauchen aber wird ein außerordentlich komplizirtes Gemisch von Produkten der trocknen Destillation erzeugt, und auch das charakteristische Alkaloid des Tabaks, das Nikotin, geht, wenn auch nur in Spuren, in den Rauch über. Wenn man eine Zigarre durch einen Aspirator rauchen lässt und den Rauch bei niedrer Temperatur kondensirt, so findet man in ihm allerdings geringe Mengen von Nikotin; daneben eine Masse

andrer Substanzen, Ammoniak, Essig- und Buttersäure, flüchtige Öle unbekannter Konstitution, verschiedene Kohlenwasserstoffe, auch Kohlenoxydgas. Nach EULENBERG und VOHL sollen auch Pikolinbasen in ihm vorkommen, Stoffe, welche auch im Steinkohlenteer und im Knochenöl vorhanden sind. Ihnen schreibt EULENBERG, aber wohl nicht mit genügendem Grund, die Hauptwirkung des Rauchs zu. Auf die Zusammensetzung des Tabakrauchs hat nicht nur die Sorte des Tabaks, sondern auch die Art und Weise, wie er verbrennt, großen Einfluss. Während bei den feinsten Havanatabaken in 100 g frischer Blätter, 1,5–2 g Nikotin enthalten sind, kommen in ordinären Sorten bis zu 9% vor. Beim Trocknen der Blätter geht nicht bloß Wasser, sondern auch ein Teil der flüchtigen Stoffe verloren. Der Tabak wird aber außerdem noch der sogenannten Fermentation unterworfen, d. h. die Blätter werden in Haufen zusammengesetzt, wobei sie sich stark erwärmen und der Nikotingehalt auf die Hälfte oder ein Drittel der ursprünglichen Menge sinkt.

331. Wenn wir den Tabak in Form einer Zigarre rauchen, so Tabakrauch. verflüchtigt sich wohl ein Teil des Nikotins und wird durch den durchstreifenden Luftstrom mitgenommen und an den dahinterliegenden, kältern Stellen wieder kondensirt. Dadurch wird der zweite Teil der Zigarre daran allmählich angereichert und gibt mehr Nikotin an den Rauch ab als der erste. Ein andrer Teil des Nikotins aber verbrennt. Wenn man durch eine Zigarrenspitze raucht, so kann sich auch ein Teil des Nikotins in dieser kondensiren. Es ist leicht zu verstehen, dass die Menge des unverbrannt überdestillirenden und in den Rauch gelangenden Nikotins sehr abhängen muss von der Art des Brennens der Zigarre, kleiner sein muss bei trocknem als bei feuchtem Tabak. Dasselbe gilt natürlich auch von den andern flüchtigen Stoffen, die im Tabak vorhanden sind, noch mehr aber von denen, welche erst beim Brennen entstehen. Eine Zigarre, die „kohlt“, muss einen anders zusammengesetzten Rauch liefern wie eine gut brennende.

Wenn man Tabak in einem deutschen Pfeifenkopf raucht, dann sind die Verhältnisse ganz andre, als bei der Zigarre. Der Luftzutritt ist relativ kleiner, der Kopf der Pfeife wird ziemlich heiss und die Destillation von flüchtigen Produkten ist eine sehr viel größere; es verflüchtigt sich sehr viel Nikotin und kommt mit in den Rauch, soweit es nicht im Pfeifenrohr durch Abkühlung kondensirt wird. In dem sogenannten Schmirgel, welcher sich im Abguss sammelt, ist immer Nikotin vorhanden. So giftig aber auch Nikotin ist, so scheint doch der Organismus sich sehr schnell gegen die Wirkung kleiner

Mengen abzustumpfen. Dass Rauchen nicht eben in hohem Grade schädlich ist, geht daraus hervor, dass so große Massen geraucht werden können ohne irgend eine Gefahr. Welchen Einfluss aber die andern Zersetzungsprodukte der Verbrennung noch haben, ob die Surrogate, welche statt Tabak geraucht werden, auch schädliche Substanzen hervorbringen, ist nicht zu sagen. Solange es in mäßigen Grenzen bleibt, wird das Rauchen nicht als sehr bedeutsam angesehen werden können. Wohl aber muss vor einem Übermaß und besonders vor dem Rauchen zu frischer Zigarren gewarnt werden.

Man kommt in große Verlegenheit, wenn man erklären soll, warum die Menschen eigentlich rauchen. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass die Bestandteile des Rauchs in ähnlicher Weise auf die Nerven einwirken, wie andre Genussmittel, sonst würden die Menschen nicht so daran hängen.

Opium, Haschisch und Arsenik.

332. Viel schlimmer als der Tabak sind die beiden andern Rauchmittel: Haschisch und Opium, die bei uns glücklicherweise noch keinen Eingang gefunden haben. Opium wird sowohl gegessen als auch geraucht, ersteres vielfach in der Türkei, letzteres besonders in China. Durch Rauchen einer kleinen Pille entsteht ein sehr tiefer Rausch. Der gewohnheitsgemäße Genuss bewirkt eine Zerrüttung des Nervensystems, eine Untergrabung der Verdauung und infolge dessen der Ernährung, so dass die Leute früh altern und verfallen.

Wenngleich das Opiumrauchen in Europa noch keinen Eingang gefunden hat, so beginnt leider jetzt statt seiner eine nicht minder gefährliche Unsitte einzureißen, die Morphiumsucht. Seit der Einführung der subkutanen Injektionen hat die Gewöhnung an dieses Mittel schon manches Opfer gekostet. Die Injektionen, anfangs nur zur Stillung von Schmerzen verwendet, werden später wegen ihrer anregenden, berauschenden Wirkung gesucht, bis die chronische Vergiftung zu schweren Störungen des Allgemeinbefindens und zu völliger Nervenzerrüttung führt.

Der Gebrauch des Haschisch, eines Extrakts des indischen Hanfs (*Cannabis indica*) ist in Asien sehr verbreitet. Es wird in Pillenform genossen und wirkt ähnlich wie Opium. Übermäßiger Gebrauch soll Wahnsinn erzeugen.

Schließlich sei hier noch ein merkwürdiges Genussmittel erwähnt. Es gibt, besonders in Steiermark, Leute, welche gewohnheitsmäßige Arsenikesser sind, sich dabei gesund befinden und ein hohes Alter erreichen. Bei Aussetzung des Genusses sollen sie schnell verfallen und abmagern. Wenn man die Leute fragt, warum sie Arsenik essen,

so sagen sie, dass sie dann leichter Luft schöpfen können beim Bergsteigen. Es wird behauptet, dass der Arsenikgenuss bei gleichzeitiger guter Ernährung zur Arbeit tauglicher mache und bei geringer Arbeitsleistung den Fettansatz begünstige. Man sagt auch, dass Lohnkutscher den Pferden geringe Spuren von Arsenik zum Futter mischen, weil dadurch die Pferde schöner aussehen und glattere Haare bekommen. Vielleicht sind es auch solche kosmetische Rücksichten, welche bei dem Arsenikessen zu Grunde liegen. Die Leute beginnen mit sehr geringen Mengen, steigen aber bis zu Dosen, welche bei Ungewöhnten sofort zum Tode führen würden.

Achtunddreissigste Vorlesung.

Die Trunksucht und ihre Bekämpfung.

Alkohol ist nur Genussmittel. — Wirkung des Alkohols. — Ursache der Gewöhnung an den Alkoholgebrauch. — Schädliche Wirkungen. — Besondre Wirkungen der einzelnen Getränke. — Maßregeln gegen den Misbrauch. — Kaffee- und Theeschänken. — Sorge für gute Ernährung. — Verfälschungen.

Alkohol ist nur Genussmittel.

333. Die drei Arten von alkoholischen Getränken verdienen eine eingehende Betrachtung umsomehr, als der in ihnen, wenngleich in verschiedener Menge, enthaltene Hauptbestandteil, der Alkohol, unter allen Genussmitteln das verbreitetste ist. Bei allen Völkern, selbst denen, welche auf den niedersten Kulturstufen stehen, kennt man Mittel zur Erzeugung alkoholischer Getränke, und soweit wir Kenntnis von vergangenen Zeiten haben, sehen wir, dass auch frühern Geschlechtern solche Mittel bekannt waren. Wo die Stoffe, welche sonst zur Bereitung der alkoholischen Getränke dienen, Weintrauben, Getreide, stärke- oder zuckerreiche Früchte, nicht in genügender Menge zur Verfügung stehen, da werden aus Honig, Milch, Zucker berauschende Getränke gemacht. Dass der Mensch, wenn er einmal zufällig zur Erkenntnis der Bereitung des Alkohols gelangt war, leicht immer wieder darauf zurückkam, ist nur zu erklärlich. Wenn wir auch zugeben müssen, dass der Genuss desselben nicht notwendig ist, so wäre es doch ganz vergebliche Mühe, wenn man dagegen predigen wollte.

Bei der Erörterung der Bedeutung, welche der Alkoholgenuss für die Gesundheit hat, muss man die Folgen einmaligen oder selten wiederholten Genusses kleiner Dosen von dem gewohnheitsgemäßen Genuss größerer Mengen wohl unterscheiden. So verwerflich der letztere ist, so unleugbar der Schaden, welchen er anrichtet, so schwierig ist eine genaue Beurteilung des etwaigen Nutzens des ersteren.

Die Frage, ob Alkohol ein Nahrungsstoff in dem Sinne unsrer Definition eines solchen (vgl. § 235) ist, hängt davon ab, ob derselbe im Körper zu Kohlensäure und Wasser verbrennt und damit Wärme und Arbeit zu erzeugen vermag. Dies wird von vielen geleugnet, von andern angenommen, wenigstens für einen Teil des aufgenommenen

Alkohols; denn ein andrer Teil wird sicher durch Haut, Nieren und Lungen ausgeschieden. Aber selbst wenn wir dies zugeben, müssen wir doch behaupten, dass Alkohol keinen wesentlichen Beitrag zur Ernährung liefern kann, welcher nicht besser durch andre Nahrungsstoffe, Zucker, Stärke, Fette, geliefert würde. In irgend erheblicher Menge genossen hat der Alkohol so entschieden nachteilige Folgen, dass sein Beitrag zur Ernährung dadurch mehr als aufgewogen wird. Darum kann Alkohol nur ein Genussmittel sein, welches neben der sonstigen Nahrung genommen werden, aber diese nicht ersetzen kann.

334. In kleinen Dosen wirkt Alkohol anregend auf das Nervensystem. Die Thätigkeit des Gehirns geht leichter und lebhafter von statten, Muskelanstrengungen werden leichter ausgeführt und ertragen, die Herzthätigkeit und damit die Zirkulation des Bluts wird lebhafter, die kleinen Blutgefäße werden enger und damit wird der Wärmeverlust des Körpers an seiner Oberfläche geringer. Der Körper wird dadurch in den Stand gesetzt, größere körperliche und geistige Anstrengungen zu ertragen. Der hiermit verbundene größere Stoffverbrauch muss durch gute, wirklich nahrhafte Kost ersetzt werden. Indem der Alkohol in kleinen Dosen auch die Esslust steigert und die Verdauung befördert, wird dieser Ersatz nach befördert und erleichtert. Wir können daher sagen, dass ein Schluck Branntwein oder ein Glas Wein unter Umständen ein sehr nützliches und der Gesundheit zuträgliches Genussmittel ist.

Wirkung des Alkohols.

In großen Dosen aber wirkt der Alkohol ganz anders. Die anfängliche Erregung des Nervensystems geht in Schwächung über. Die Gehirnthätigkeit wird träge, das Bewusstsein wird getrübt; die Muskeln erschlaffen, die Herzthätigkeit wird geschwächt; die kleinen Gefäße erweitern sich, und der Körper verliert mehr Wärme als in der Norm. Dazu kommt noch, dass reichlicher Genuss von Alkohol die Magen- und Darmschleimhaut reizt, katarrhalische Zustände erzeugt, dadurch die Verdauung stört und, bei häufigem Gebrauch, die Ernährung vollkommen untergräbt. So mancher zieht sich durch unvorsichtigen Genuss starken Alkohols auf einer Fußreise, beim Manöver oder ähnlichen Gelegenheiten, wo viele die Feldflasche für etwas Unentbehrliches halten, einen Magen- und Darmkatarrh zu, an dessen Folgen er lange zu leiden hat. So sehen wir, dass was in kleinen Gaben eine nützliche Wirkung haben kann, in größeren Dosen zu schweren Störungen führt.

Schlimmer aber noch als solche große Dosen wirkt der fort-

gesetzte Genuss, der gewohnheitsmäßige Gebrauch. Und die dadurch hervorgebrachten Schäden sind um so größer, je alkoholreicher das genossene Getränk ist, daher im allgemeinen größer bei Branntwein als bei Wein, bei diesem größer als bei Bier. Der Alkoholgehalt des Biers pflegt zwischen 4 und 5 % zu liegen, der des Weins zwischen 10 und 15, der des Branntweins zwischen 40 und 70 %. Dass aber auch bei andern als Schnapstrinkern die üblen Folgen allzuhäufigen Gebrauchs nicht ausbleiben, das erfahren wir nur allzuoft.

Ursache der Gewöhnung an den Alkoholgebrauch.

335. Die Wirkungen des Alkohols auf das Gehirn erklären es, warum ein Mensch, der müde und matt ist, nach einem Schluck Branntwein oder einem Glase Wein sich einer neuen Kraftanstrengung unterziehen kann. Der Alkohol wirkt auf den Geist wie die Peitsche auf den Gaul. Dabei ist aber zu bedenken, dass die Arbeit immer auf Kosten der Muskeln geschieht und dass, wenn der Muskel zu vermehrter Arbeit gereizt worden ist, er den dabei erlittenen Verlust wieder ersetzen muss in der nachherigen Ruhe durch zweckmäßige Nahrungszufuhr. Leider aber kommen viele Menschen in die Lage den Alkohol zu verwenden, die sich nicht die nötige Ruhe und entsprechende Nahrung verschaffen können. In diesem Fall wirkt das Reizmittel aussaugend und ausraubend. Findet der Ersatz nicht statt, sondern nur die vermehrte Reizung, dann bleibt der Organismus dauernd weniger leistungsfähig. Das aber wird nur allzuoft die Ursache, abermals zum Alkohol zu greifen, von dem man trügerischer Weise Stärkung erwartet. Was von den Muskeln gilt, passt auch auf die vasomotorischen Nerven. Wenn jemand in der Nässe arbeitet und sich unbehaglich fühlt, so nimmt er einen Schluck Schnaps. Ist dann die anregende Wirkung vorüber, so ist er natürlich sehr leicht geneigt, das zu wiederholen, was ihm geholfen hat. Aber je mehr er nimmt, desto flüchtiger ist die günstige Wirkung und desto mehr bleibt die ungünstige zurück.

Schädliche Wirkungen.

336. Was die Schädlichkeit des Alkoholgenusses anlangt, so muss man unterscheiden die lokale Wirkung, hauptsächlich auf Magen und Darmkanal, und die allgemeine Wirkung. Starker Alkohol bewirkt, wie wir schon an der Mundschleimhaut bemerken, eine Wasserentziehung, Rötung, Brennen und Trockenheit. Dieselbe Wirkung findet auf die Magenschleimhaut statt. Je verdünnter der Alkohol, desto weniger treten diese Erscheinungen auf. Im Übermaß genossen wirken auch die verdünnten Mittel reizend auf die Schleimhaut und können Katarrhe bewirken, deren Folgeerscheinungen zusammen mit der Wirkung auf das Gehirn das Bild des Katzenjammers ausmachen.

Kommt der Alkohol ins Blut, so wird er nur zum geringen Teil ausgeschieden, hauptsächlich durch die Lungen; im Harn hat man ihn mit Sicherheit noch nicht nachweisen können. 'Der im Blut zirkulirende Alkohol bewirkt in allen Organen, besonders in Leber, Nieren, Herzmuskel, Gehirn, Rückenmark entzündliche Prozesse, welche hauptsächlich in Form der interstitiellen Bindegewebsentzündung auftreten, wobei das Bindegewebe wuchert auf Kosten der andern Elemente. Nach länger anhaltendem Gebrauch findet man fast immer in der Leber, welcher ja der Alkohol zuerst und in konzentrirtester Form zugeführt wird, Cirrhose und fettige Degeneration. Auch in den Zellen der andern Organe von Säufern findet man auffallend viel Fettkörnchen und Tröpfchen und in spätern Stadien kann ein vollständiger Zerfall der Gewebe stattfinden. Auch diese schädlichen Wirkungen sind abhängig von der Konzentration, in welcher der Alkohol genossen wird. Man findet sie am meisten bei Schnaps-, dann bei Wein- und am seltensten bei Biertrinkern. Ebenso geht es mit den sekundären Prozessen im Nervensystem, welche meist in der Form des Delirium tremens auftreten. Ein Fall von Delirium tremens infolge von Biergenuss ist mir nicht bekannt geworden und muss jedenfalls zu den größten Seltenheiten gehören. Dabei ist zu bemerken, dass alle Trinker, wenn sie sich eine Zeit lang an ein bestimmtes Getränk gehalten haben, zu konzentrirteren Getränken fortschreiten; Menge und Stärke der Getränke wird fortwährend gesteigert. Das gilt nur zu oft auch von Biertrinkern, welche neben ihrem Bier den Schnaps nicht verschmähen, und dann alle Folgen des Schnapsgenusses aufweisen. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass Wein und Bier als unschädlich angesehen werden können; auch sie können im Übermaß Schaden anstiften. Bei allen Trinkern findet man recht häufig, namentlich bei Biertrinkern, aber auch bei Schnaps- und Weintrinkern, die Entwicklung eines gewissen Embonpoints; sie sehen blühend aus, setzen Fett an und scheinen gesünder zu sein als andre Menschen, die nicht so den Genuss von alkoholischen Getränken üben. Das dauert kürzere oder längere Zeit, je nach der Konstitution und der Ernährung. Dann folgt oft ganz plötzlich ein Umschlag; die Leute verlieren den Appetit, leiden an Erbrechen und magern schnell zum Skelett ab.

Besondre Wirkungen der einzelnen Getränke.

337. Neben diesen allgemeinen Wirkungen des Alkohols kommen den verschiedenen Getränken noch besondre zu. Die leichtern Landweine können vermöge ihrer Säure Veranlassung geben zu Harnsteinen, besonders Oxal- und Harnsäurebildungen. Bei den Biertrinkern kommt es hauptsächlich zu Störungen im Verhalten der Magen- und Darm-

schleimhaut. Wir können uns nicht wundern, dass gerade in den Kreisen der Studirten, welche in ihrer Jugend dem Bier etwas zu viel zugesprochen haben, in den spätern Jahren eine Summe von kleinern Erscheinungen sich einstellt, die auf die Magenverstimmung zurückgeführt werden müssen. Es resultirt daraus eine Krankheit, für welche man keinen rechten Namen hat; sie stellt das Bild dar, welches man unter dem Namen des Staatshämorrhoidarius beschrieben hat. Was die andern Beimengungen anlangt, die sonst noch in den Getränken enthalten sind, so sind sie zu mannigfaltig, als dass man über ihre Wirkungen kurz reden kann: Die ätherischen Öle, die dem Wein zukommen oder dem Schnaps zugesetzt werden, sind in ihren physiologischen Wirkungen meist noch ganz unbekannt. Manche Schnäpse enthalten recht wirksame Substanzen, z. B. Absynth, von dem die französischen Ärzte behaupten, dass er die Schädlichkeit des Alkohols vermehrt und Epilepsie bewirkt. Dann kommt in Betracht, dass die in vielen Schnäpsen neben dem Aethylalkohol vorkommenden höheren Alkohole vielleicht noch spezifische Wirkungen ausüben. Man schreibt ihnen, trotz ihrer geringen Menge, viel schädlichere Wirkungen zu; doch kann ein Beweis für diese Behauptung mit Sicherheit nicht erbracht werden.

Nicht bloß auf das Individuum allein machen sich die schädlichen Folgen des Alkoholmisbrauchs geltend, sondern auch auf die Nachkommen: Es versteht sich von selbst, dass Trinker ihre Kinder nicht ordentlich zu erziehen im Stande sind. Man kann es nur zu gut verstehen, wie sehr durch den Trunk das Familienleben zerrüttet wird, und dass sich aus den Kindern der Trinker die Verbrecher rekrutiren. Aber auch gewisse Krankheiten sollen mittelbar auf Trunksucht der Eltern oder des Vaters allein zurückzuführen sein. Die Irrenärzte behaupten, dass unter den Irren eine auffallend große Zahl ist, bei denen man als Ursache der Erkrankung die Abstammung von Trunkenbolden annehmen muss, dass also eine leichtere Disposition zu Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten von den Trinkern auf ihre Kinder vererbt wird. Die Zahl der Epileptiker soll ebenfalls unter den Nachkommen der Trinker auffallend groß sein.

Maßregeln gegen den Misbrauch.

338. Es ist daher wohl eine der wichtigsten Fragen, wie man diesem Misbrauch steuern kann. Dazu sind alle möglichen Anstrengungen gemacht worden ohne wesentlichen Erfolg. Mäßigkeitsvereine, welche Enthaltsamkeit predigen, nützen in der Regel nichts. Die Menschen schwören dem Geistlichen, dass sie sich des Alkoholgenusses enthalten wollen, und fallen doch wieder in das Laster zurück.

Es ist das kein Wunder, denn das Bedürfnis wird noch gesteigert, wenn sich der Mensch an den Genuss gewöhnt hat; er kann sich seiner nicht mehr enthalten. So lange der Säufer nüchtern ist, kann er gar nichts leisten. Sein Körper ist schlaff, sein Blick ist matt, die Augen liegen tief in ihren Höhlen und wandern willenlos von einer Seite zur andern. Mit zitternder Hand greift er nach dem Schnapsglase. Er kann es kaum zum Munde führen und verschüttet einen Teil seines Inhalts auf dem Wege dahin. Aber kaum hat er es mit Gier hinuntergestürzt, so verwandelt sich sein Aussehen. Der Körper richtet sich auf und scheint zu wachsen, der Kopf wird erhoben, der Blick wird fest, das Auge erhält wieder seinen Glanz, die Geisteskräfte erwachen und können zuweilen durch ihre Lebhaftigkeit Erstaunen erregen. So geht es eine geraume Zeit fort, bis endlich vollständiger Irrsinn oder gänzliche körperliche Zerrüttung dem Elend ein Ende machen.

339. Da wir gesehen haben, dass die Genussmittel niemals ganz entbehrt werden können, so folgt daraus, dass man vor allen Dingen den Leuten die Genussmittel nicht entziehen, sondern nur dahin streben kann, die schädlichen durch weniger schädliche und ebensoviel leistende zu ersetzen. Man muss deshalb den Leuten Gelegenheit geben, dass sie die leichteren, weniger gefährlichen alkoholischen Getränke, wie Bier — vom Wein ist hier nicht zu reden, da er kaum in den Weinländern billig genug ist — genießen können, oder statt ihrer die noch weniger schädlichen und viel nützlichern Genussmittel Thee und Kaffee. Was letztern anlangt, so wird er bei uns vielfach als stärkendes, leicht anregendes Mittel getrunken. Wenn wir bedenken, wie viel Kaffee viele stark arbeitende Frauen verzehren (man beobachte nur Waschfrauen bei ihrer Thätigkeit) so müssen wir das als ein Glück erachten. Ohne diesen würden sie vielleicht auch zum Schnaps greifen; so aber befinden sie sich besser und wohler. Wenn wir den Leuten Gelegenheit geben, sich immer, wenn sie müde sind und frieren, eine Tasse heißen Kaffee zu verschaffen, so würde mancher Schnaps ungetrunken bleiben. Wenn im Winter auf der Straße heißer Kaffe ausgeboten wird für billiges Geld, wenn bei ländlichen Arbeiten, bei Bauunternehmungen, Eisenbahnbauten die Unternehmer angehalten werden, Kaffe ausschenken zu lassen, so kann damit allein schon sehr viel zur Bekämpfung der Trunksucht geschehen. Unsern Soldaten wird jetzt auf Märschen und im Kriege statt der Schnapsration Kaffee verabreicht; auch sind

Kaffee- und Theeschänken.

die Truppenkommandeure angewiesen, von den Marketendern Kaffe ausschenken zu lassen.

Aber auch der Thee ist berufen, den Schnaps zu verdrängen. Der Thee ist bei uns noch immer das Getränk der Reichen; aber das ist gar nicht begründet. Man kann für 5 ₰ eine gute Tasse Thee mit Zucker liefern, und es ist bewiesen, dass wo auf Anregung von Gesellschaften solche Theeschenken etablirt sind, diese auch vollkommen gut bestehen können. Unser Volk ist an den Theegenuss noch nicht gewöhnt, weil er zu teuer angeboten wird. Wenn daher die Wohlthätigkeitsgesellschaften sich lieber darauf verlegen würden, Thee- und Kaffeschenken zu errichten, als Traktätchen zu verteilen, würden sie viel nützen; und wenn Bauunternehmer das veranlassen würden, so würden viele Leute sich bekehren und die noch nicht gar zu sehr an den Schnapsgenuss gewöhnten jüngern Arbeiter wenigstens würden Thee und Kaffee statt Schnaps trinken.

Sorge für gute Ernährung.

340. Das zweite, noch wichtigere Erfordernis aber ist, dass die Leute Gelegenheit bekommen, sich möglichst gut zu nähren und zu kleiden. Ein warmer und satter Mensch hat das Bedürfnis nach Schnaps viel weniger als einer der friert und hungert. Weil letzterer viel weniger leistungsfähig ist, wird er Veranlassung haben, sich durch Schnaps anzureizen. Wir können diese bessere Ernährung der Volksklassen nicht direkt bewirken. Alles, was wir thun können, ist, dass wir ihnen Gelegenheit geben, die Nahrungsmittel zu billigen Preisen sich zu verschaffen. Daher muss der Hygieniker seine Stimme erheben gegen alles, was den Verkehr und Handel mit Nahrungsmitteln erschwert oder verteuert, so gegen alle Zölle auf Fleisch und Getreide, welche den Import erschweren. Wir müssen sagen, dass wenn auch der Staat das Recht hat, für seine Zwecke durch Steuern Geld zu erheben, er doch sich selbst und seinen Bestand schädigt, wenn er die notwendigen Lebensmittel besteuert, denn er bringt dadurch die Ernährung des Volks herunter und verringert die Steuerkraft. Es muss im Gegenteil alles gethan werden, was die Ernährung erleichtert. Wo große Mengen von Arbeitern versammelt werden, in den Industriebezirken, bei großen Bauten u. d. g., da sollen Speiseanstalten, Kantinen errichtet werden, welche gute Nahrung zu billigen Preisen liefern. Am besten ist es, wenn denen, welche die Nahrungsmittel verkaufen, ganz verboten wird, Schnaps zu führen. Es ist eine der schlimmsten Einrichtungen, dass Leute, welche genötigt sind, in Speisehäusern zu essen, gezwungen sind dabei zu trinken, und dass der Durst durch stark gewürzte Speisen noch künstlich gesteigert

wird. Wir haben es hier mit üblen Gewohnheiten und der Habsucht der Leute, die davon leben, zu thun und müssen unsern Einfluss geltend machen, die Zustände zu verbessern. Das gilt selbst von dem unschuldigsten aller alkoholischen Getränke, dem Bier. Es ist durchaus unnötig, dass ein gesunder Mensch zum Mittagessen Bier trinkt. Es macht schläfrig und untüchtig zu geistiger Arbeit, wie gewiss die Mehrzahl von Ihnen beim Besuch der Nachmittagsvorlesungen erfahren hat. Allmählich freilich gewöhnt man sich daran wie auch an die Aufnahme größerer Flüssigkeitsmengen überhaupt. Ein Erwachsener braucht davon, wie wir gesehen haben, etwa $1^1/_2$ Liter täglich. Rechnet man $^1/_2$ Ltr. auf Suppe und Kaffee, so würde als eigentliches Getränk 1 Ltr. übrig bleiben. Aber wie viele Menschen begnügen sich damit?

341. Die alkoholischen Getränke, als vielbegehrte und verhältnismäßig teure Verkaufsgegenstände sind allerlei Verfälschungen ausgesetzt, meistenteils zu dem Zweck, einem minderwertigen Produkt das Aussehen und den Geschmack eines bessern zu verleihen und dadurch einen höhern Preis zu erzielen. Insoweit es sich dabei nur um eine Vermögensbeschädigung des Käufers handelt, hat der Hygieniker kein besondres Interesse daran. Dasselbe beginnt aber, wenn die Zusätze oder Veränderungen in irgend einer Weise gesundheitsschädigend wirken können. Verfälschungen.

Neben den schon besprochenen Methoden der Weinbesserung (§ 328) werden auch sogenannte Façonweine durch Vermischen von Wein mit Wasser, Sprit und Zucker hergestellt, aus Weißweinen werde rote durch Mischung mit sehr farbstoffreichen Rotweinen oder durch Zusatz andrer roter Farbstoffe, Cochenille, Malven, Heidelbeeren, Kirschen oder Fuchsin bereitet, schließlich werden wohl auch Kunstweine fabrizirt, die nur noch Spuren oder gar keine Anteile von echtem Wein enthalten. Andre Zusätze sind: freie Schwefelsäure, Gips (s. § 328), Alaun, um den Wein haltbarer oder feuriger zu machen, Bleiglätte und Magnesia zur Neutralisirung der Säuren.

Dem Bier wird nicht selten Glyzerin zugesetzt, um es süßer zu machen, wenn es sauer geworden, oder um es gehaltreicher erscheinen zu lassen. Sauer gewordenes Bier wird auch mit Natriumkarbonat oder andern Neutralisationsmitteln behandelt. Zur Haltbarmachung, namentlich für Exportbiere werden Salizylsäure, Borsäure oder Natriumborat verwendet. Statt des Hopfens sollen zuweilen allerlei Surrogate Verwendung finden: Wermut, Bitterklee, Quassia, Kokkelskörner

Herbstzeitlose, Brechnuss, Enzian, Aloë u. a. Manche von diesen Surrogaten enthalten recht gefährliche Stoffe, die Kokkelskörner Pikrotoxin, die Brechnüsse (Krähenaugen) Strychnin und Brucin u. s. w. Viele von diesen angeblichen Zusätzen sind wohl nicht wirklich im Bier nachgewiesen worden, sondern werden nur vermutet. Wenn jemand des Guten zu viel gethan hat, so klagt er nicht seine eigene Unmäßigkeit an, sondern schiebt die Schuld auf angebliche Verfälschungen des Biers.

Dass man den neben dem Aethylalkohol stets, wenn auch nur in geringen Mengen vorkommenden andern Alkoholen des Fuselöls, namentlich dem Amylalkohol, ganz besonders schädliche Eigenschaften zuschreibt, habe ich schon erwähnt. Als Verfälschung kann man aber den Amylalkohol nur bezeichnen, wenn er durch einen Zusatz in das Getränk gelangt ist, z. B. durch Zusatz von Kartoffelsprit zum Wein oder von Kartoffelstärke zur Maische oder Kartoffelzucker zum Most. Was alles in Schnäpsen und Likören vorkommen kann, lässt sich gar nicht aufzählen. Erwähnen will ich nur Zusätze von Schwefelsäure, Pfeffer oder ähnlichen scharfen Gewürzen, um den Schnaps beißender zu machen und den Durst zu vermehren.

Viele der hier aufgeführten Zusatzstoffe würden unschädlich sein, wenn sie immer rein wären. Wenn aber das Fuchsin arsenhaltig ist infolge ungenügender Trennung von der zu seiner Darstellung benutzten Arsensäure, oder wenn sonst differente Stoffe beigemischt sind, so können alle diese Getränke neben der Alkoholwirkung auch noch andre giftige Eigenschaften besitzen.

Neununddreissigste Vorlesung.

Wasser.

Das Wasser ist niemals rein. — Kalkgehalt. — Bestimmung des Härtegrads. — Berechnung der Seifenprobe. — Vorübergehende und permanente Härte. — Bedeutung der Härte. — Verringerung der Härte. — Andre Bestandteile des Wassers. — Kochsalz und Stickstoffverbindungen. — Farbe, Trübungen und Geschmack. — Geruch. — Organisirte Krankheitserreger.

342. Der Wasserverbrauch ist ein sehr bedeutender, da es zum Trinken, zur Bereitung der Speisen, zum Reinigen etc. notwendig ist. Das meiste Wasser, welches wir benutzen, ist nichts andres als filtrirtes Grundwasser. Tritt das Wasser ohne unser Zuthun zu Tage, so nennen wir es Quellwasser. Muss es aus einer gewissen Tiefe heraufgeholt werden, so heißt es Brunnenwasser. Die Brunnen können wir einteilen in Flach- und Tiefbrunnen. Erstre sind solche, welche nicht über die erste Wasser nicht durchlassende Schicht hinuntergehen. Weil das Grundwasser häufig sehr verunreinigt ist, so entsteht die Frage, ob das Wasser solcher Brunnen nicht gesundheitsschädlich sein kann. Das Wasser aus Tief- oder aus artesischen Brunnen ist meistens reiner, kann aber auch ganz unbrauchbar sein wegen eines größern Gehalts an Mineralien. In manchen Gegenden, wo gar keine Quellen vorhanden sind und auch in Brunnen kein Wasser gewonnen werden kann, muss man sich mit Auffangen von Regenwasser in Zisternen begnügen, oder mit dem Wasser von Flußläufen, Teichen, Seen.

Das Wasser ist niemals rein.

Woher aber auch das Wasser stammen mag, es ist ursprünglich immer Regenwasser. Auch dieses enthält immer schon fremde Bestandteile; denn obgleich bei Verdunstung des Wassers die gelösten Stoffe zurückbleiben, so nimmt das Regenwasser doch Gase und feste Bestandteile sowohl in der Luft wie beim Auffallen auf Dächer oder den Erdboden auf und enthält deshalb stets etwas Ammoniak, salpetrige Säure, schweflige Säure etc. Wollen wir daraus reines Wasser machen, so müssen wir es destilliren. Wenn wir den ersten Teil des Destillats als unrein verwerfen, weil mit ihm alle flüchtigen Substanzen mit übergehen, und das zweite Drittel des in die Retorte gegebnen Vorrats gesondert aufsammeln, dann erhalten wir chemisch reines Wasser. Dringt das Regenwasser in den Boden ein, so ändert

sich seine Zusammensetzung. Es kommen neue Stoffe hinzu, welche es dem Boden entnimmt, wogegen es auch andre an den Boden abgibt. Hauptsächlich nimmt es Kohlensäure auf und wird dadurch fähig, selbst schwerlösliche Stoffe, besonders Calcium- und Magnesiumsalze, in größern Mengen aufzulösen; endlich können auch organische Substanzen in das Wasser übergehen. Es gibt deshalb kein aus dem Boden geschöpftes Wasser, welches nicht mehr oder weniger feste Substanzen und Gase aufgelöst enthält. Häufig sind ihm aber auch unlösliche Stoffe beigemischt, welche das Wasser trüben und sich, wenn das Wasser ruhig steht, absetzen. Ist viel Calciumkarbonat im Wasser gelöst, so schlägt sich ein Teil desselben nieder, wenn die Kohlensäure entweicht; dann wird ein ursprünglich klares Wasser nachträglich trübe. Wasser, welches solche Stoffe mit sich führt und deshalb sehr unrein erscheint, ist häufig weniger schädlich als klares Wasser, das nur gelöste Substanzen enthält. Derartige Trübungen, bestehend aus Sand, Thon etc. kommen in manchen Wässern auch nur zeitweise vor, besonders nach starken Regengüssen, und verschwinden wieder, wenn sich die aufgeschwemmten Stoffe in den Brunnenschächten abgesetzt haben.

Kalkgehalt. **343.** Das Wasser findet nicht bloß als Trinkwasser sondern auch anderweit sehr verbreitete Anwendung: als Speisewasser für Dampfkessel, Waschwasser etc. In dieser Beziehung ist eine Beimengung, welche im Wasser stets vorhanden ist, außerordentlich wichtig, nämlich der Kalkgehalt. Er ist verschieden, je nach dem Boden, welchen das Wasser durchlaufen hat, bei uns z. B. sehr gering, dagegen in unsrer nächsten Nachbarschaft, in dem fränkischen Jura, sehr bedeutend. Da Calciumkarbonat schwer löslich ist, Calciumbikarbonat aber viel löslicher, so nimmt Wasser, wenn es durch Kalkgestein sickert, um so mehr davon auf, je reicher es an Kohlensäure ist. Entweicht die Kohlensäure beim Sieden des Wassers in Dampfkesseln, so setzt sich der Kalk als Kesselstein an den Wänden an und kann dort gefährlich werden. Weil er die Wärmeleitungsfähigkeit der Kesselwand vermindert, zwingt er stärkeres Feuer zu machen. Die Kesselwand wird dann viel heißer, zuweilen selbst glühend. Und wenn der innere Belag Risse bekommt und das Wasser die heiße Kesselwand berührt, dann kann plötzlich eine sehr große Menge Dampf entwickelt und dadurch Explosion bewirkt werden. Der Kalkgehalt des Wassers macht sich auch bei Verwendung desselben als Waschwasser in unangenehmer Weise bemerkbar. Wenn man kalkhaltiges Wasser mit Seife zusammenbringt, so bildet sich

unlösliche Kalkseife, was einen unverhältnismäßigen Verbrauch von Seife zur Folge hat. Der Nutzen der Seife besteht darin, dass Wasser, in welchem Seife gelöst ist, Fett reichlich aufnimmt, und dadurch den an der Haut oder der Wäsche durch das Fett anhaftenden Schmutz leichter ablösbar macht. Wenn aber die Seife unlöslich ist, so kann sie nichts nützen. In ähnlicher Weise bilden sich beim Kochen gewisser Substanzen z. B. der Hülsenfrüchte mit kalkhaltigem Wasser in den Schalen derselben unlösliche Verbindungen, so dass man z. B. Erbsen in kalkhaltigem Wasser nicht weich kochen kann, und beim Anbrühen von Thee oder Kaffee schwächere Infuse erhält. Ganz wie Calcium wirken auch andre Metalle, besonders Magnesium, welche neben den erstern fast stets im Wasser vorkommen.

Man nennt Wasser h a r t, wenn es viel, w e i c h, wenn es wenig von diesen Calcium- und ähnlichen Verbindungen enthält. Wegen der angegebnen Mängel des harten Wassers ist es sehr wichtig, den Gehalt an diesen Verbindungen zu bestimmen. Man pflegt dabei die verschiedenen Basen nicht zu trennen, sondern den Gehalt so zu berechnen, als wenn nur Calciumkarbonat vorhanden wäre. Den so berechneten Gehalt bezeichnet man summarisch als die H ä r t e des Wassers und gibt denselben in sogenannten H ä r t e g r a d e n an.

344. Für praktische Zwecke benutzt man zur Bestimmung der Härte am besten die schon erwähnte Eigenschaft der betreffenden Basen, dass sie mit Seife unlösliche Verbindungen geben. Wenn ich zu destillirtem Wasser etwas von dieser alkoholischen Seifenlösung hinzusetze, so bekommen wir eine Flüssigkeit, welche, wie Sie sehen, sehr leicht schäumt; wenn ich jetzt aber zu dem Wasser etwas Kalkwasser oder die Lösung irgend eines Kalksalzes hinzufüge, so entsteht eine unlösliche Seifenverbindung, das Wasser wird, wie Sie bemerken, opalisirend; zugleich verschwindet der Schaum und kehrt auch bei starkem Schütteln nicht wieder. Setzt man aber zu kalkhaltigem Wasser Seifenlösung, so wird in gleicher Weise die Seife unter Bildung einer unlöslichen Kalkseife zersetzt und erst, wenn man so viel Seife zugefügt hat, dass aller vorhandener Kalk an die Seife gebunden ist, und wenn man dann noch weiter Seife zusetzt, kann wiederum Schaum entstehen. Aus der Menge von Seife, die man gebraucht bis zum Entstehen des Schaums, kann man deshalb schließen auf die Menge des Kalks. Man ist übereingekommen einen bestimmten Kalkgehalt zu wählen und als Einheit anzunehmen. Wenn in 1 Ltr. Wasser soviel hartmachende Substanzen gelöst sind, dass sie ebensoviel Seife zu zersetzen vermögen wie 0,01 g Calciumoxyd, so nennen wir das

Bestimmung des Härtegrads.

einen Härtegrad oder genauer einen deutschen Härtegrad. In Frankreich berechnet man die Härte auf Calciumkarbonat. Ein französischer Härtegrad ist gleich 0,56 deutsche. In England bedeutet 1 Härtegrad einen Gehalt von 1 *grain* Kalciumkarbonat auf 1 Gallone. 1 englischer Härtegrad ist = 0,8 deutsche.

Um den Härtegrad eines Wassers zu bestimmen, müssen wir zunächst eine Normalseifenlösung herstellen; man nimmt dazu eine möglichst reine Seife, z. B. venetianische Seife oder Sapo medic., oder die nach LIEBREICH's Methode gefertigte neutrale reine sogenannte Zentrifugal-Seife. Man schabt diese, am besten mit einem Glasspahn, löst sie in Alkohol von 56 % Tr., filtrirt die Lösung und probirt die Seifenlösung mit Wasser, das den Härtegrad 10 hat. Man bringt 100 ccm des Wassers in einen kleinen Kolben, der etwa das Doppelte fasst, und lässt langsam Seifenlösung aus einer Bürette zufließen, bis ein dichter feinblasiger Schaum entsteht, welcher mindestens 5 Minuten lang bestehen bleibt. Angenommen, wir brauchen dazu $17\frac{1}{2}$ ccm, so verdünnt man die Lösung im Verhältnis von $17\frac{1}{2}:21\frac{3}{4}$. Eine solche Lösung wollen wir Normalseifenlösung nennen.

Berechnung der Seifenprobe.

345. Bei der Ausführung der Probe mit dieser Lösung müssen einige störende Momente in Betracht gezogen werden. Wenn man destillirtes Wasser mit Seife versetzt und schüttelt, so entsteht freilich ein Schaum, aber es muss doch eine gewisse Menge Seife zugesetzt sein. Man hat ausprobirt, dass von unsrer Normal-Seifenlösung etwa 1,75 ccm zu 100 destillirten Wassers zugesetzt werden muss, um einen bleibenden Schaum zu erzielen. Wenn wir nun statt des destillirten Wassers hartes nehmen und brauchen bis zur Erzeugung des Schaums 17,75 ccm Seifenlösung, so können wir annehmen, dass nur der Seifengehalt von 16 ccm von den im Wasser enthaltenen Salzen zersetzt worden sei, und der Rest zur Schaumbildung gedient hat. Daraus ergibt sich die Regel: Man ziehe von der Zahl der verbrauchten ccm 1,75 ab, der Rest durch 2 dividirt gibt die Härtegrade an.

Das zweite ist, dass wenn man Wasser untersucht, in dem Kalksalze gelöst sind, diese meist in der Form von kohlensauren Salzen vorhanden sind. Thut man Seifenlösung dazu, so wird die Kohlensäure ausgetrieben. Wenn sie in größerer Menge vorhanden ist, hindert sie die Schaumbildung. Daraus ergibt sich die zweite Regel: wenn man etwas härteres Wasser untersucht, muss man für die Entfernung der ausgetriebenen Kohlensäure sorgen. Dies geschieht am besten so, dass, wenn man einige ccm zugefügt hat, man ein Glasrohr in den Kolben bis nahe an die Oberfläche der Flüssigkeit einsteckt

und daran saugt. Dadurch entfernt man die ausgetriebene Kohlensäure und ersetzt sie durch kohlensäurearme Luft aus dem Zimmer.

Wenn man drittens sehr kalkreiches Wasser untersucht, so zeigt die Normalseifenlösung die Härte nicht mehr genau an. Nach LIEBIG's Angabe soll dieser Fehler sich beseitigen lassen, wenn man zu dem Wasser, ehe man die Seifenlösung zufließen lässt, 4 ccm einer konzentrirten Lösung von Natriumkarbonat zufügt. Auf alle Fälle aber ist es gut, wenn mehr Salze vorhanden sind, als dem Härtegrad 10 entspricht, d. h. wenn man nach Zusatz von 21,75 ccm Seifenlösung noch keinen guten Schaum erhält, die Probe mit verdünntem Wasser zu wiederholen. Angenommen, das Wasser hätte den Härtegrad 16, so würde man die Probe mit einem Gemenge von 50 ccm desselben und 50 ccm destillirten Wassers anzustellen haben. Da in dieser das Wasser auf die Hälfte verdünnt ist, würde es den Härtegrad 8 haben; man würde also 17,75 ccm der Seifenlösung zusetzen müssen, um den dauernden Schaum zu erhalten. Kommt auch bei dieser Verdünnung nach Zusatz von 21,75 ccm Seifenlösung noch kein bleibender Schaum zu Stande, dann ist der Härtegrad höher als 20. Man muss dann die Probe nochmals wiederholen mit Verdünnung im Verhältnis von 1 : 2 und den so gefundenen Wert mit 3 multipliziren.

Vorübergehende und permanente Härte.

346. Da kohlensäurereiche Wässer auch viel Kalk lösen können, so werden sie häufig sehr hart sein. Der Kalk wird aber in ihnen als Bikarbonat enthalten sein. Vertreibt man nun die Kohlensäure entweder dadurch, dass wir das Wasser kochen oder im Zimmer stehen lassen, dann bildet sich das weniger lösliche einfache Karbonat und wir bekommen einen Niederschlag. Daher sagt man, dass das Wasser beim Kochen weicher wird, und man unterscheidet die permanente Härte, die im gekochten Wasser sich noch zeigt, von der Gesamthärte, welche das frisch geschöpfte Wasser zeigt, und der vorübergehenden Härte, welche von den Bikarbonaten herrührt. Man kann also harte Wässer durch Kochen weicher machen, soweit als die Härte von den Bikarbonaten herrührt; die permanente Härte dagegen wird hauptsächlich durch Gips verursacht.

Bedeutung der Härte.

347. Die Frage, welche Bedeutung der Kalkgehalt des Wassers in hygienischer Beziehung hat, ist, wenn wir absehen von ökonomischen Gesichtspunkten eine nicht ganz sicher zu bestimmende: Ist das Wasser zu weich, dann schmeckt es fade; eine gewisse Härte ist also angenehm. Ist es aber zu hart, dann schmeckt es auch wieder nicht gut und soll für den Magen, wenigstens bei solchen, die nicht daran gewöhnt sind, nicht zuträglich sein. Es ist sogar behauptet worden,

dass zu hartes Wasser Schuld am Kretinismus sei, das ist aber nicht der Fall. Man findet den Kretinismus in Thälern der Alpen, wo das Wasser kalkreich ist, aber das beweist noch nichts. Man hat versucht eine theoretische Erklärung zu geben. Nach VIRCHOW rührt der Kretinismus von einer frühzeitigen Verknöcherung der Schädelknochen her. Während bei normalen Kindern die Schädelkapsel noch nicht ganz verknöchert ist, kann es vorkommen, dass schon im foetalen Leben dies geschieht und das Kind mit vollständig geschlossenem Schädel geboren wird. Dann kann der Schädel sich nicht vergrößern und das führt zum Idiotismus. Diese frühzeitige Verknöcherung soll auf Genuss des kalkreichen Wassers beruhen, wahrscheinlich beruht sie jedoch auf entzündlichen Vorgängen. Wie unsicher die Angaben darüber sind, geht daraus hervor, dass auch die geringen Spuren von Jod, welche sich in manchen Wässern finden, als Ursache des Kretinismus angeschuldigt worden sind, während andre behaupten, der Mangel an Jod sei gefährlich.

Verringerung der Härte.

348. Zur Verringerung der Härte, welche besonders für viele technische Anwendungen des Wassers sehr störend sein kann, sind verschiedene Methoden angegeben worden. Hängt die Härte von Bikarbonaten ab, so hilft der Zusatz irgend einer Base, welche die Kohlensäure in Beschlag nimmt und den Kalk ausfällt. Den Hausfrauen ist dieses Mittel gut bekannt. Sie setzen, um das Wasser weich zu machen, etwas Natriumkarbonat zu. Beim Kochen von Hülsenfrüchten, ebenso bei Bereitung von Thee und Kaffee ist das wichtig: Hartes Wasser gibt schlechten Thee und Kaffee, da sich unlösliche Verbindungen bilden, welche das Extrahiren erschweren. Statt Natron kann man auch, so paradox das klingt, um das Wasser kalkärmer zu machen, Kalk anwenden. Wenn man so viel Kalk zusetzt, dass alles Bikarbonat in einfaches Karbonat verwandelt wird, so kann diese gesamte Masse von Kalk nicht mehr in dem Wasser in Lösung bleiben, sondern fällt aus und man behält nur eine geringe Menge zurück.

Andre Bestandteile des Wassers.

349. Neben den Kalksalzen, die hauptsächlich in den Wässern vorkommen, sind es besonders Chlorate, Nitrate, Nitrite, Sulfate, Ammoniak und organische Substanzen, deren Vorkommen in den Wässern, wenn auch nur in geringen Mengen, fast regelmäßig nachgewiesen werden kann. Finden sie sich in größerer Menge, so machen sie das Wasser zum Trinken ungeeignet. Die Mehrzahl dieser Stoffe nimmt das Wasser bei seiner Bewegung durch den Boden auf, einige stammen aber auch aus Verunreinigungen, welche erst innerhalb der Brunnen oder durch Zuflüsse von oben her ihren Weg in das Wasser

finden. Das Regenwasser spült oft die in den obern Schichten des bewohnten Bodens enthaltenen Verunreinigungen, die sogenannte Stadtjauche, durch Ritzen und Spalten in den Brunnen hinein oder führt die Abwässer aus gewerblichen Anlagen in Flüsse und Teiche. Unter diesen Verunreinigungen können solche sein, die geradezu giftig sind, wie arsenikhaltige Abwässer aus Fabriken. Aber es kommen auch in das Trinkwasser oft Substanzen hinein, welche, wenn nicht gesundheitsgefährlich, doch unangenehm sind, dem Wasser einen schlechten Geschmack und Geruch geben, z. B. Schwefelwasserstoff; endlich können auch spezifische organisirte Krankheitserreger in das Wasser gelangen.

Kochsalz und Stickstoffverbindungen.

350. Da Kochsalz sehr verbreitet ist, so findet sich etwas davon wohl in jedem Wasser. Häufig bildet das Kochsalz als Rückstand vorweltlicher Meere unterirdische Lager von reinem Steinsalz oder salzhaltigem Thon. Hat das Wasser solche Lager passirt, und ist es reich daran, so nennt man es Soole und kann es zur Gewinnung von Kochsalz benutzen. Ist aber der Gehalt zwischen 1—2%, so ist es nur lästig, ohne zu nützen. Wenn wir aber in Wasser aus oberflächlichen Schichten Salz finden, dann können wir nicht annehmen, dass es aus Salzlagern im Boden stammt, sondern es muss von außen zugeführt worden sein. Und da Salz in solchen Mengen nicht verschüttet zu werden pflegt, so kann es nur von Ausscheidungen der Menschen oder Tiere herrühren, hauptsächlich von Harn. In solchen Fällen findet man dann auch viel Stickstoffverbindungen. Stickstoffreiche Wasser sind meistens mit Harn, Fäzes etc. irgendwie verunreinigt. Diese Verunreinigung kann nur herrühren von den letzten Zersetzungsprodukten der eiweißreichen Substanzen oder des Harnstoffs, welche in der Regel in Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure umgewandelt sind. Aber ehe diese Umwandlung vollständig vor sich gegangen ist, und so lang als die Zersetzung noch fortbesteht, werden auch allerlei Zwischenprodukte vorhanden sein. Organischen Substanzen dieser Art kommt aber wesentlich die Eigenschaft zu, dass sie als guter Nährboden für Mikroorganismen, und unter diesen auch für spezifische Krankheitserreger, dienen können. Daher sind alle diese Verunreinigungen verdächtig. Man kann nicht behaupten, dass Wasser, welches diese Stoffe enthält, gesundheitsschädlich sei. Im Gegenteil, es wird häufig Jahre lang ohne nachweisbaren Schaden genossen. Aber es ist doch immer eine Gefahr vorhanden, dass gelegentlich Krankheitskeime mit den Verunreinigungen in das Wasser gelangen und durch dessen Genuss in den Körper eingeführt werden

können. Es ist daher wichtig festzustellen, ob ein Wasser in dieser Weise verunreinigt sei.

Nun gibt es gar nichts schwierigeres als die Untersuchung des Wassers. Sie kann gründlich nur vorgenommen werden in einem gut eingerichteten Laboratorium und von einem geschulten Chemiker und, soweit es die Mikroorganismen betrifft, von einem mit den Methoden der bakteriologischen Untersuchung Vertrauten. Aber andrerseits muss jeder Arzt eine ungefähre Diagnose stellen können, ob ein Wasser gutes Trinkwasser genannt werden kann, oder ob es verdächtig ist. Zu diesem Zweck dienen einfache Methoden, welche ich jedoch nur in ihren Grundzügen entwickeln will.

Farbe, Trübungen und Geschmack.

351. Zur Untersuchung des Wassers braucht man 3—5 Liter, welche man an Ort und Stelle sammeln und in gut verschlossnen Flaschen aufbewahren muss, wenn man nicht sofort die Untersuchung vornehmen kann. Man stellt die Temperatur fest, prüft das Wasser zuerst auf sein Aussehen, Geschmack, Geruch und dann erst chemisch.

Reines, als Trinkwasser zu empfehlendes Wasser soll klar und farblos sein. Zeigt es Farbe, so ist es verunreinigt. Diese Prüfung wird am besten vorgenommen, indem man das Wasser mit reinem, destillirtem Wasser vergleicht. Ist es trübe, so lässt man die Trübung absitzen und hebt den Bodensatz auf zur besondern Untersuchung. Das von diesem befreite Wasser füllt man in einen hohen Standzylinder, stellt daneben einen andern, in welchen man destillirtes Wasser gießt, und betrachtet beide von oben, während sie auf einem weißen Blatt Papier stehen, wodurch man selbst geringe Unterschiede in der Färbung gut wahrnehmen kann. Auch geringe Trübungen lassen sich auf diese Weise erkennen und dem Grade nach abschätzen, indem man unter die Zylinder Schriftproben legt, ähnlich den zur Prüfung der Sehschärfe benutzten, und sieht, welche Schrift man noch lesen kann. Ein gutes Trinkwasser soll ferner einen angenehm prickelnden Geschmack haben, was jedoch nicht charakteristisch ist, weil es in hohem Grade abhängt von der Temperatur des Wassers und dem Gehalt an Gasen, namentlich an freier Kohlensäure. Diese Prüfung hat deshalb nur einen Sinn, wenn das Wasser frisch ist, oder wenn es einen auffallend unangenehmen Geschmack hat, der unmittelbar auf Verunreinigung schließen lässt. Die Trübungen, welche sich absetzen und die man am besten gewinnt, wenn man das Wasser filtrirt und, ehe es ganz abgelaufen ist, das, was sich auf dem Filter sammelt, mikroskopisch untersucht, ergeben sich zum Teil als Beimengungen unschuldiger Art, als Sand oder Thon, welche be-

sonders nach Regengüssen in die Brunnen hineingespült werden, oder als Niederschläge, welche nach Entweichung der Kohlensäure eintreten, namentlich Kalk, zuweilen auch Eisensalze. Sind organisirte Elemente vorhanden, so hat man besonders zu beachten, ob es solche sind, welche als Krankheitserreger schädlich werden können. Zuweilen findet man verschiedne niedere Lebewesen, Diatomeen, Algen, Infusorien. In dem Berliner Leitungswasser fand sich z. B. in großer Menge eine Alge, *Crenothrix polyspora*, welche aus den eisernen Leitungsröhren Eisen in ihrer gallertigen Schale ablagert, so dass sie das Wasser braun färbte. Obgleich sie ganz unschädlich ist, wird doch ein solches trübes Wasser ungern getrunken, und man muss es von den Algen zu reinigen suchen, was, wie wir noch sehen werden, ganz gut gelingt.

352. Was den Geruch anlangt, so ist selbstverständlich ein **Geruch.** Wasser, welches einen auffallenden Geruch hat, als verdächtig zu betrachten. Zuweilen entwickelt sich der Geruch erst nachträglich, wenn man das Wasser einige Zeit stehen lässt. Auch thut man gut das Wasser etwas zu erwärmen. Tritt nach Zusatz von Kalilauge zu einem an sich geruchlosen Wasser ein unangenehmer Geruch auf, so deutet dies auf Verunreinigung mit organischen Substanzen. Wenn bei dem Zusatz von Kalilauge ein Niederschlag entsteht, so kommt es darauf an, ob er weiß oder gefärbt ist. Ein weißer deutet auf Kalksalze, ein dunkelbraun-schwärzlicher auf Eisen oder organische Stoffe. Zuweilen enthält das Wasser Schwefelwasserstoff, welcher sich durch den Geruch leicht wahrnehmen lässt, namentlich, wenn man das Wasser erwärmt.

353. Wenn in dem mikroskopischen Befund sich Lebewesen **Organisirte Krankheitserreger.** zeigen, von denen man vermutet, dass sie gesundheitsschädlich sind, dann muss man das Wasser in pilzdicht verschlossenen Gefäßen bei höherer Temperatur (etwa 40°) einige Zeit stehen lassen und dann nochmals untersuchen, um zu sehen, ob sich die Mikroben vermehrt haben. In solchem Falle wird es dann besonders wichtig sein, die Natur der Mikroben festzustellen. Das kann nur durch Reinkulturen in geeigneten Nährflüssigkeiten geschehen, wovon später noch die Rede sein wird.

Aber selbst, wenn solche Mikroben sich nicht finden, wird es für die hygienische Beurteilung des Wassers von großer Bedeutung sein, ob dasselbe Substanzen enthält, welche den Mikroorganismen als günstiger Nährboden dienen, ob dieselben also sich entwickeln könnten, falls irgendwie Keime derselben hineingeraten sollten. Denn immerhin besteht für jedes Wasser die Gefahr, dass gelegentlich auch krank-

heitserregende Stoffe hineinkommen können. Wir wissen, dass eine Anzahl von Krankheiten von Vorgängen im Boden abhängen, und wir haben Grund zu vermuten, dass dabei Mikroorganismen eine Rolle spielen. Es wird die Möglichkeit nicht geleugnet werden können, dass unter Umständen solche Mikroorganismen in das Wasser gelangen, mit diesem von Menschen aufgenommen und so die Ursache der Krankheit werden können. Wir können das alles nur als Vermutung hinstellen, aber wir müssen jedenfalls mit dieser Möglichkeit rechnen.

Unter den Stoffen, deren Anwesenheit im Wasser deshalb besondere Beachtung verdient, sind deshalb ganz besonders die Abfälle zu erwähnen. Denn diese können entweder, wenn sie von Kranken stammen, die Krankheitskeime selbst enthalten, oder sie bestehen doch aus Stoffen, welche dem Wasser die Fähigkeit erteilen, dass Mikroorganismen in ihnen leben und sich vermehren können. Wenn nun auch Abfälle aller Art ihren Weg ins Wasser finden, so sind doch nicht immer die charakteristischen Bestandteile derselben nachzuweisen, weil dieselben im Boden oder im Wasser sich schon so verändert haben, dass statt ihrer nur noch ihre Zersetzungsprodukte sich vorfinden.

Vierzigste Vorlesung.

Verunreinigungen des Wassers und ihre Bedeutung.

Prüfung der Reaktion. — Organische Substanzen. — Bedeutung der Chamäleonprobe. — Endprodukte der Zersetzung organischer Stoffe. — Kochsalz. — Ammoniak. — Salpetrige, Salpeter-, Schwefel- und Phosphorsäure. — Andre Bestandteile. — Grenzen der Verunreinigung. — Schädlichkeit verunreinigten Wassers. — Verbesserung des Wassers durch Kochen. — Chemische Reinigung.

354. Nach dieser Vorprüfung können wir zur eigentlichen chemischen Untersuchung des Wassers und der in ihm gelösten Stoffe vorschreiten. Wir beginnen diese Untersuchung mit der Prüfung der Reaktion. Reines Wasser soll vollkommen neutral sein, also weder auf rotes noch auf blaues Lakmuspapier reagirten. Die Menge von freier Säure oder Alkali pflegt aber so gering zu sein, dass sie gewöhnliches Reagenspapier nicht verfärben kann. Wenn viel freie Kohlensäure vorhanden ist, so kann es auch vorkommen, dass ein Tropfen auf blauem Lakmuspapier eine Rötung bewirkt, welche aber schnell wieder verschwindet. Man kann aber trotzdem in solchem Wasser zuweilen eine saure oder alkalische Reaktion noch nachweisen folgendermaßen: Man nimmt zwei gleiche Reagensgläschen, und bringt in jedes 1 ccm einer violetten, ganz neutralen Lakmuslösung von passender Konzentration. Zu dem einen setzt man 10 ccm destillirtes Wasser, zum andern die gleiche Menge des zu prüfenden Wassers. Die Lakumslösung hat die Eigenschaft, dass sie sehr verdünnt rötlich aussieht, dass dagegen die geringste Spur eines Alkali sie blau, und einer Säure sie deutlich rot macht. Man vergleicht nun die beiden Gläser, indem man sie nebeneinander gegen das Tageslicht hält, und man wird so eine selbst schwache saure oder alkalische Reaktion noch deutlich wahrnehmen können. Sodann erwärmt man das Wasser und beachtet, ob dabei die Farbe sich ändert. Geht die rote Farbe in Violet oder Blau über, so rührt sie von Kohlensäure, seltner von andern flüchtigen Säuren her. War die Reaktion alkalisch und verschwindet die blaue Farbe beim Erwärmen, so deutet das auf Ammoniak.

Prüfung der Reaktion.

Organische Substanzen. **355.** Der Nachweis gelöster organischer Substanzen kann auf verschiedene Weise geschehen: Wenn man eine gewisse Menge Wasser in einer Platinschale vorsichtig eindampft, und dann bei nicht zu hoher Temperatur (100—110°) trocknet, so dass keine Zersetzung eintritt, wird man einen mehr oder weniger bedeutenden Rückstand bekommen. Sind organische Substanzen darin, so wird der Rückstand dunkel aussehen, glüht man ihn, so wird er weiß. Der Gewichtsverlust beim Glühen wird als Maß der gesamten organischen Substanzen angesehen. Da auch Kohlensäure, Ammonium- und Chlorverbindungen sich verflüchtigen, so ist die Bestimmung nicht genau. Ist der Gehalt an organischer Substanz einigermaßen erheblich, so dauert es sehr lange, bis die Asche sich weiß brennt; sind die Substanzen stickstoffhaltig, so macht sich beim Glühen der bekannte Geruch nach verbranntem Horn bemerklich.

Da die Mehrzahl der organischen Stoffe leicht oxydirbar ist, so kann man zum Nachweis derselben sich auch der schon früher von uns benutzten Reaktion auf leicht reduzirbare Substanzen bedienen. Man setzt zum Wasser Chamaeleonlösung, d. h. eine Lösung von Kaliumpermanganat, das schon in geringer Menge dem Wasser eine stark rote Färbung erteilt. Man fügt zu einer gewissen Menge des zu prüfenden Wassers so viel von der Lösung hinzu, dass dieselbe deutlich rosenrot gefärbt ist. Sind viele und leicht reduzirbare organische Substanzen vorhanden, so bemerkt man schon ohne weiteres, dass die Färbung nicht beständig ist. Wenn wir aber zu der Flüssigkeit Schwefelsäure hinzufügen und 10 Minuten lang kochen, so wird die Reduktion schnell und vollständig eintreten, das Permanganat wird einen Teil seines O abgeben, die rote Farbe wird verschwinden, weil sich farbloses Manganosulfat bildet. Ein ganz sicherer Nachweis organischer Substanzen ist das nicht, denn es gibt auch unorganische Substanzen, welche die Chamäleonlösung reduziren, so Eisenoxydul, salpetrige Säure, Schwefelwasserstoff, lauter Stoffe, die nicht selten neben organischen im Wasser vorkommen. Andrerseits wirken die organischen Substanzen auch nicht alle in gleichem Maße, manche verhalten sich ziemlich indifferent, während andre wieder die Lösung sehr kräftig reduziren.

Bedeutung der Chamäleonprobe. **356.** Trotz dieser Unsicherheit hat man dennoch versucht, die Probe auch quantitativ zu benutzen, um ein Urteil zu gewinnen über die Menge der organischen Substanzen, welche in dem Wasser enthalten sein könnte. Man verfährt dabei so: Man fügt zu dem zu *prüfenden* Wasser einige ccm Schwefelsäure und soviel von einer

…mäleonlösung (0,3 g auf 1 l Wasser), dass die Mischung …, kocht in einem Kolben 10 Minuten lang, setzt … 10 ccm Oxalsäurelösung (0,63 g auf 1 l) zu und … Chamäleonlösung zufließen, bis das Gemenge eben …rot gefärbt ist. Unter Berücksichtigung des zur Oxy… Oxalsäure verbrauchten Permanganats kann man aus der …r zugesetzten Chamäleonlösung berechnen, wie viel Sauer… organischen Substanzen in der Flüssigkeit aufgenommen haben. …aber die verschiedenen organischen Substanzen, welche im Wasser …löst zu sein pflegen, in verschiedener Weise auf die Lösung wirken, so kann man daraus nicht berechnen, wie viel von ihnen im Wasser vorhanden ist. Man kann wohl irgend eine Substanz zur Vergleichung wählen, und sagen: die in diesem Wasser gelösten Stoffe vermögen aus Kaliumpermanganat in saurer Lösung bei Siedehitze ebensoviel Sauerstoff aufzunehmen wie so und soviel Milligramm Eiweiß oder Oxalsäure oder was man sonst zum Vergleich gewählt hat. Aber man erfährt durch die Chamäleonprobe nicht, welche Substanzen vorhanden sind und in welcher Menge.

Wenn trotzdem dieser Probe für die hygienische Beurteilung des Wassers eine große Bedeutung beigelegt wird, so beruht das auf der Voraussetzung, dass die Zersetzungsprodukte, welche aus den häufig vorkommenden Verunreinigungen des Wassers durch Abfälle herstammen, gerade besonders sauerstoffanziehend wirken und gerade besonders gesundheitsschädlich seien. Darum müsse also ein Wasser um so mehr als gefährlich gelten, je mehr Chamäleonlösung es zersetzen könne. Bewiesen ist besonders die letztere Annahme ganz und gar nicht. Nur soviel können wir zugeben, dass reines Wasser in der Regel nur geringe Spuren von leicht oxydablen Stoffen enthält. Kommen also mehr davon vor, so ist das Wasser unrein. Welcher Art die Verunreinigung ist, erfahren wir aber nicht; sie mögen in einzelnen Fällen vielleicht ganz unschuldiger Art sein. Aber eben weil wir das nicht wissen, ist es gewiss besser, solches Wasser für verdächtig zu erklären und vom Genuss auszuschließen.

357. Gehen die Zersetzungsprozesse der verunreinigenden Stoffe weiter vor sich, so entstehen eine Anzahl einfacherer, chemisch besser definirter und darum auch leichter qualitativ und quantitativ bestimmter Substanzen. Hier kommen besonders in Betracht Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak als Endprodukte aus den N-haltigen Substanzen, dann Kohlensäure bzw. Kohlenwasserstoffe als Endprodukte der Zersetzung des Kohlenstoffs, Schwefel-

Endprodukte der Zersetzung organischer Stoffe.

wasserstoff als Endprodukt des Schwefels, endlich Kochsalz. Außerhalb salzreicher Gegenden deutet ein größerer Kochsalzgehalt des Wassers stets auf Verunreinigung und zwar hauptsächlich durch Abtrittgrubeninhalt, Jauche und Harn. Diese Zersetzungsprodukte sind gewiss an sich unschädlich. Und wenn sie allein im Wasser vorkommen, dasselbe aber keine organischen Stoffe enthält, so werden wir vielleicht daraus schließen dürfen, dass das Wasser verunreinigt gewesen ist, dass es sich aber durch den schon früher (§. 60) erwähnten Prozess der Selbstreinigung wieder verbessert habe. Diese Selbstreinigung kommt leichter in Bächen und Flüssen als in Brunnen zu stande. Denn da es sich dabei um einen Oxydationsprozess handelt, so nützt die Bewegung des Wassers, indem sie die Stoffe nach und nach mit dem immer wieder von der Oberfläche her neu aufgenommenen Sauerstoff in Berührung bringt. Finden wir aber diese Zeugen früherer Verunreinigung in einem Brunnenwasser, so können wir uns doch nicht der Furcht entschlagen, dass auf demselben Wege, auf welchem jene zu Stande kam, jederzeit auch wieder eine neue Verunreinigung zu Stande kommen kann und dass diese nicht so unschuldiger Natur sein könnte wie das, was wir jetzt vorfinden. Ein solches Wasser ist und bleibt also doch immer verdächtig. Und immerhin erwächst uns aus einem solchen Befund die Verpflichtung, das Wasser einer dauernden Überwachung zu unterwerfen, es von Zeit zu Zeit untersuchen zu lassen und seine Benutzung nur dann für zulässig zu erklären, wenn die verdächtigen Stoffe fortwährend abnehmen und damit die Gewähr geleistet ist, dass eine erneute Verunreinigung nicht mehr stattfindet.

Kochsalz. **358.** Der Nachweis des Kochsalzes geschieht dadurch, dass man zu einer mit Salpetersäure angesäuerten Portion des Wassers Silbernitrat zusetzt, wobei sich ein weißer Niederschlag von Chlorsilber zeigt, welcher Niederschlag sich in überschüssigem Ammoniak wieder löst. In reinem Wasser darf nur höchstens eine schwache Opaleszenz auftreten.

Ist die Trübung stärker, ist also mehr Chlor vorhanden, so kann man auch die Menge desselben quantitativ bestimmen nach dem Verfahren von Mohr. Dieses beruht darauf, dass Silbersalze mit Chromsalzen eine sehr empfindliche Reaktion geben, nämlich einen roten Niederschlag. Setzt man zu einem kochsalzhaltigen Wasser eine geringe Menge Kaliumchromat und dann Silbernitrat, so entsteht zuerst nur der weiße Niederschlag von Chlorsilber, sobald aber die erste Spur des Silbernitrats im Überschuss vorhanden ist,

bekommt man den roten Niederschlag. Benutzt man also eine Silbernitratlösung von bekanntem Gehalt, so kann man aus der Menge der bis zum Eintritt der Endreaktion zugesetzten Lösung den Chlorgehalt berechnen. Ich will Ihnen die Art der Bestimmung an diesem Wasser zeigen, welches ich eigens als ein Beispiel verunreinigten Wassers vorbereitet habe. Zu diesem Zweck habe ich das Filtrat, welches in einer frühern Vorlesung (vgl. § 20) aus einer schmutzigen Jauche gewonnen wurde, in einem großen Zylinderglase stehen lassen und habe noch die Leiche eines Frosches hineingeworfen. Ich habe dann gestern das Wasser von dem geringen Bodensatze vorsichtig abgegossen. Wenn ich Ihnen alles das nicht sagen würde, so könnten Sie das Wasser, da es ganz klar und geruchlos ist, auch keinen auffallenden Geschmack hat, für vollkommen rein halten. Aber sein ziemlich hoher Kochsalzgehalt wird an ihm zum Verräter. Wenn ich zu einer Probe desselben etwas Salpetersäure und Silbernitrat zusetze, so sehen Sie nicht, wie vorhin bei unserm Leitungswasser, eine schwache Opaleszenz, sondern einen reichlichen weißen Niederschlag eintreten. Von diesem Wasser nun nehme ich 100 ccm, versetze sie mit 2 Tropfen Kaliumchromatlösung, wodurch die Flüssigkeit kaum gelblich gefärbt wird. Jetzt lasse ich aus der Bürette unter stetem Umrühren Silberlösung zufließen. Erst entsteht ein weißer Niederschlag. Jetzt aber sehen Sie da, wo die Silberlösung zufließt, einen roten Flecken entstehen, welcher beim Umrühren wieder verschwindet. Nach weiterem Zusatz geht die rote Farbe des entstandenen Flecks nicht mehr fort. Aus der bis jetzt zugesetzten Menge der Silberlösung kann ich daher die Menge des Kochsalzes berechnen.

359. Was die Untersuchung auf Ammoniak anlangt, so macht man diese mit dem schon früher (§. 151) erwähnten Nessler'schen Reagens, Quecksilberkaliumjodid in alkalischer Lösung. Wird von dieser Flüssigkeit zu gewöhnlichem Wasser eine geringe Menge zugesetzt, so ändert das die Farbe desselben nicht; wenn aber das Wasser Spuren von Ammoniak enthält, so bekommt man eine gelbe Färbung und bei starkem Ammoniakgehalt einen braunen Niederschlag. Um die Färbung gut zu erkennen, auch wenn nur wenig Ammoniak im Wasser vorhanden ist, verfahren wir folgendermaßen. Sie sehen hier 2 kleine Glaszylinder neben einander auf einer Unterlage von weißem Papier. In das eine gieße ich 100 ccm des zu prüfenden Wassers, in das andre ebensoviel destillirtes Wasser und füge zu jedem mittels einer kleinen Pipette 2 ccm von Nessler's Reagens. Das destillirte Wasser bleibt, wie Sie sehen, ganz klar, Ammoniak.

während das andre deutlich gefärbt wird, was man besonders gut sieht, wenn man von oben her durch die Flüssigkeiten nach dem weißen Grunde blickt.

Man kann diese Probe auch zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks benutzen. Wenn man zu dem destillirten Wasser soviel von der Lösung eines Ammoniumsalzes z. B. Salmiak zusetzt, bis beide Zylinder gleiche Färbung zeigen, so kann man aus der Menge des Zusatzes auf den Ammoniakgehalt der andern Probe schließen. Am besten bedient man sich einer Salmiaklösung, von welcher 1 ccm genau 0,05 mg NH_3 entsprechen.

Wenn das zu prüfende Wasser so reich an Ammoniak ist, dass bei Zusatz des Nessler'schen Reagens ein Niederschlag entsteht oder auch nur eine sehr dunkle Braunfärbung, dann ist eine Vergleichung nicht möglich. Man muss das Wasser dann verdünnen, bis zu einem solchen Grade, dass die in ihm entstehende Färbung in dem zum Vergleich dienenden destillirten Wasser durch Zusatz von höchstens 2 ccm der Salmiaklösung (entsprechend 0,1 mg NH_3) hergestellt werden kann. Enthält das Wasser weniger als 0,005 mg in 100 ccm, dann ist die Probe nicht mehr zu brauchen.

Enthält das auf Ammoniak zu prüfende Wasser Eisen oder alkalische Erden, so müssen diese vor Anstellung der Probe ausgefällt werden, da sie die Reaktion stören.

Wenn man mit Nessler's Reagens die Anwesenheit von Ammoniak im Wasser nachgewiesen hat, so kann man doch nicht wissen, in welcher Form derselbe darin vorhanden ist. Es kann an Chlor oder an Säuren gebunden, oder auch als organischer Ammoniak (vgl. §. 151) oder endlich im freien Zustande, als NH_4O, vorhanden sein. Im letzteren Falle müsste das Wasser alkalisch reagiren. Ist er frei oder in einer flüchtigen Verbindung vorhanden, so kann man es durch einen NH_3-freien Luftstrom austreiben und in diesem durch Nessler's Reagens nachweisen. Man lässt zu diesem Zweck die Luft durch 3 Woulf'sche Flaschen streichen; in die erste bringt man Schwefelsäure, welche alles in der Luft enthaltenen NH_3 zurückhält, in die zweite das zu untersuchende Wasser, in die dritte destillirtes Wasser mit dem Reagens (2 ccm auf 100). Hat man lange genug Luft durchgetrieben und ist das Reagens in der letzten Flasche gelb gefärbt worden, so kann man die Menge des NH_3 nach der oben beschriebenen Methode quantitativ bestimmen.

Salpetrige, Salpeter-, Schwefel- und Phosphorsäure.

360. Um salpetrige Säure und ihre Salze nachzuweisen, setzt man zu dem Wasser einige Tropfen konzentrirter Schwefelsäure

und etwas Jodzinkstärkelösung. Die salpetrige Säure zersetzt bei Gegenwart von Schwefelsäure das Zinkjodid und das freiwerdende Jod färbt die Stärke blau. Statt des Jodzinks kann man auch Jodkalium anwenden.

Diese Reaktion ist außerordentlich empfindlich; schon geringe Mengen von Nitriten geben, wie Sie an der hier vorgenommenen Probe sehen, intensive Blaufärbung. In ähnlicher Weise, wie ich das beim Ammoniak beschrieben habe, kann man auch durch Vergleichung der Färbung mit der in destillirtem Wasser durch absichtlichen Zusatz von Nitriten erzielten eine quantitative Bestimmung derselben vornehmen. Wenn ihre Menge aber etwas größer ist, so wird die Farbe so dunkel, dass die Vergleichung wenig genau ist.

Wenn bei Zusatz von Schwefelsäure und Jodzinkstärkelösung keine Bläuung erfolgt, was die Abwesenheit von Nitriten beweist, so kann man dieselbe Flüssigkeit benutzen, um auf Salpetersäure oder Nitrate zu prüfen. Zu diesem Behuf muss man die vielleicht vorhandene Salpetersäure zu salpetriger Säure reduziren. Wenn man auch noch einen blanken Zinkdraht in die Flüssigkeit wirft, so entsteht dadurch H, welches in *statu nascendi* die Salpetersäure zu salpetriger Säure reduzirt. War die Bläuung vor der Zugabe des Zinks gering und wird sie nachher merklich stärker, so würde das beweisen, dass Nitrite neben Nitraten gleichzeitig vorhanden sind. Um diesen doppelten Nachweis zu führen, ist es oft notwendig, das Wasser vor Anstellung der Probe passend zu verdünnen.

Zum Nachweis der Schwefelsäure und der Sulfate säuert man das Wasser mit Chlorwasserstoffsäure an und fügt Chlorbaryum zu, wodurch ein Niederschlag von weißem Baryumsulphat entsteht. Ein Schwefelsäuregehalt wird in der Regel von Gips herrühren. Größere Mengen derselben werden, wenn sie nicht auf die geologische Beschaffenheit des Erdreichs zurückgeführt werden können, auf Verunreinigungen durch Abwässer von Fabriken hindeuten. Auch aus dem Schwefel tierischer Abfälle, welche in das Wasser hineingelangt sind, kann Schwefelsäure entstehen, doch wohl immer nur in sehr geringen Mengen.

Der Niederschlag mit Chlorbaryum kann auch durch Phosphorsäure bedingt sein. Vermutet man dieselbe, so prüft man mit Silbernitrat, welches einen gelben, in Säuren und Ammoniak leicht löslichen Niederschlag gibt. Phosphate sind reichlich vorhanden in den Abwässern von Zuckerfabriken u. d. g. und gelangen durch diese nicht selten in das Gebrauchswasser.

Andre Bestandteile.

361. Schwefelwasserstoff (soweit er sich nicht schon durch den Geruch bemerklich macht) und lösliche Sulfide weist man durch alkalische Bleiacetat- oder Nitroprussidnatriumlösung nach. Erstere gibt (je nach der Menge) gelbe bis braune Färbung oder braunschwarzen Niederschlag, letztere rot- bis blauviolette Färbung. Schwefelwasserstoffgehalt kann durch Fäulnis organischer Substanzen oder durch Abwässer von Fabriken bedingt sein.

Von Metallen hat man außer den schon erwähnten Kalk- und Magnesiasalzen hauptsächlich auf Eisen, Blei, Zink und Kupfer zu achten. Dieselben stammen häufig von den Gefäßen oder Leitungsröhren, in denen das Wasser gewesen ist. Zum Nachweis von Eisen versetzt man das mit Salzsäure angesäuerte Wasser mit Ferridcyankalium (rotem Blutlaugensalz); Bläuung oder blauer Niederschlag beweist die Anwesenheit von Oxydulsalzen. Eine zweite Probe versetzt man mit Ferrocyankalium (gelbem Blutlaugensalz) und eine dritte mit Rhodankalium; entsteht in jener ein blauer Niederschlag, in dieser eine blutrote Färbung, so sind Oxydsalze vorhanden.

Das angesäuerte Wasser wird mit Schwefelwasserstoffwasser versetzt. Entsteht ein Niederschlag, so wird filtrirt. Das Filtrat wird mit Natronlauge im Überschuss versetzt und nochmals filtrirt. Zu dem zweiten Filtrat wird wieder Schwefelwasserstoffwasser gesetzt; ein weißer Niederschlag, welcher in Essigsäure sich nicht löst, zeigt Zink an.

Was auf dem ersten Filter zurückgehalten wurde, wird in heißer Salpetersäure gelöst, die Lösung in mehrere Portionen verteilt. Zur ersten wird Schwefelsäure, zur zweiten Kaliumbichromat zugesetzt. Entsteht dort ein weißer, hier ein gelber Niederschlag, so ist Blei vorhanden. Zu einer dritten Probe wird Ammoniak, zur vierten Ferrocyankalium hinzugefügt. Entsteht in jener eine blaue Färbung, in dieser ein brauner Niederschlag, so deutet das auf Kupfer.

Wenn Abwässer aus Fabriken ihren Weg ins Wasser finden, so können demselben alle möglichen Stoffe und darunter auch sehr intensive Gifte zugeführt werden, Arsen z. B. aus Sodafabriken, Anilinfarbenfabriken u. s. w. Wenn feste Abfallsstoffe aus Fabriken im Freien aufgestapelt werden, so können sie allmählich durch Verwitterung in lösliche Verbindungen übergehen, die durch den Regen fortgespült, in den Boden eindringen und in Brunnen gelangen oder in Flüsse und Teiche abfließen. Derartige Verderbnis des Wassers ist aber gering gegenüber der viel verbreiteteren durch die gewöhnlichen Abfälle des menschlichen Haushalts.

Es gibt Gegenden, in denen das Grundwasser mit dem Flusswasser direkt zusammenhängt, wie in Berlin. Dort dringt das Wasser, welches im Flussbett fließt, zum Teil in den Boden ein und bedingt den Stand des Grundwassers. Wenn nun Fabriken ihre Abwässer in die Spree leiten, werden auch die Substanzen derselben in den Boden dringen und eventuell in die Brunnen. In andern Gegenden ist diese Gefahr nicht vorhanden, jedoch kann es passiren, dass die Fabriken die Abwässer in eine Grube leiten, um sie versickern zu lassen, so dass sie auf diesem Wege ins Grundwasser gelangen.

362. Bei der Mannigfaltigkeit der Umstände, welche auf die Zusammensetzung der Wässer Einfluss haben, ist es sehr schwer festzustellen, welche Beschaffenheit eigentlich ein Wasser haben sollte, um als gutes, reines Wasser zu gelten. Ich will zunächst als Beispiel einige Analysen von verschiedenen Stadtbrunnen und zum Vergleich die von sogenannten „Normalbrunnen“ mitteilen. In 1 Liter sind enthalten Milligramm: Grenzen der Verunreinigung.

		Gesamtsalze	Salpeter	Ammoniak	Na	K.	Cl.	Phosphor	Org.
Normalbr.		450	5	0,4	5	5	6	0,6	—
Dorpat		1200	200	1,0	70	70	100	5,0	—
Berlin	Min.	—	6	—	—	—	4	—	88
	Max.	—	358	—	—	—	342	—	717
Hamburg	Min.	—	0	0	—	—	21	—	0
	Max.	—	387	0	—	—	433	—	243
Darmstadt	Min.	—	10	—	—	—	9	—	7
	Max.	—	380	—	—	—	239	—	105
Züricher See		143	—	2	—	—	1,7	—	—

Ebenso mannigfaltig sind natürlich auch die Wässer aus Bächen, Flüssen und Teichen und die in Leitungen zugeführten, welche nicht immer aus ganz unverdorbnen Quellen stammen. Um einen ungefähren Anhalt zu gewinnen, gebe ich die Grenzwerte, welche nach den Untersuchungen Sachverständiger nicht überschritten sein sollten, wenn ein Wasser noch als brauchbar gelten soll. Ein Wasser soll höchstens enthalten Milligramm in 1 Liter:

	Nach Ferd. Fischer	E. Reichardt	Kubel & Tiemann.
Abdampfrückstand	—	100—500	500
Organ. Substanz	40	10—50	50
Salpetersäure	27	4	5—15
Chlor	35	2—8	20—30
Schwefelsäure	80	2—60	80—100
Kalk	112	—	112
Magnesia	40	—	40
Gesamthärte (in Graden)	16	18	16

Da hauptsächlich durch die Abwässer aus Fabriken offene Flussläufe verunreinigt werden, und die Verwendung des so verunreinigten Wassers nicht verhindert werden kann, so hat eine in England zur Untersuchung der Flussverunreinigung eingesetzte königl. Kommission sich über folgende Grundsätze geeinigt, welche auch bei uns Geltung erhalten sollten. In einen Fluss darf keine Flüssigkeit eingelassen werden, welche in 100000 Kilogramm

1) mehr als 3 kg mineralischer oder 1 kg organischer Bestandteile;

2) mehr als 2 kg organischen Kohlenstoffs oder 0,3 kg organischen Stickstoffs in Lösung enthält;

3) bei Tageslicht bei einer Schicht von 2,5 cm Tiefe in einem weißen Gefäß eine deutliche Farbe zeigt;

4) mehr als 2 kg irgend eines Metalls, ausgenommen Calcium, Magnesium, Kalium oder Natrium;

5) mehr als 0,05 kg metallisches Arsen in Lösung oder Suspension, in welcher Verbindung auch immer;

6) mehr als 1 kg Chlor;

7) mehr als 1 kg Schwefel, sei es als Schwefelwasserstoff oder als lösliches Sulphat;

8) mehr Säure, als 2 Gewichtsteilen ClH auf 1000 entspricht;

9) mehr freies Alkali enthält, als 1 Gewichtsteil Ätznatron auf 1000 entspricht.

Als das deutsche Reichsgesundheitsamt begründet wurde, beabsichtigten seine Mitglieder ihre Thätigkeit auch mit einer Untersuchung der Flussverunreinigungen in Deutschland zu beginnen. Der Reichskanzler war jedoch, wie er sich in einer Reichstagsrede ausdrückte, der Meinung, es sei wichtiger, zu untersuchen, was in den Menschen gelange als das, was in die Flüsse komme. Somit unterblieb die Untersuchung, und das Amt hat (abgesehen von den später durch R. Koch ausgeführten bakteriologischen Forschungen) sich hauptsächlich mit der Untersuchung von Nahrungsmittelverfälschungen abgegeben.

Schädlichkeit verunreinigten Wassers.

363. Wenngleich wir nun wiederholt betont haben, dass sehr viele der häufig vorkommenden Verunreinigungen, abgesehen von dem etwaigen unmittelbaren Hineingelangen von krankheitserregenden Mikroben, nicht so gesundheitsschädlich sind wie viele glauben, so müssen wir uns doch auch von einer Unterschätzung ihrer Bedeutung fernhalten. Ein verunreinigtes, trübes, faulig schmeckendes Wasser ladet nicht zum Trinken ein. Und wo es kein besseres gibt, was leider an vielen Orten infolge der schon früher geschilderten Nach-

lässigkeit in der Behandlung der Abfälle der Fall ist, gewöhnen sich die Menschen an den Gebrauch von Surrogaten. Als solche werden ja vielfach die leichtern Mineralwässer: Selterser, Gießhübler, Apollinaris, Harzer Sauerbrunnen und wie sie sonst heißen mögen, in immer größerer Menge verbraucht, immer aber doch nur von den wohlhabendern Klassen. Viele Menschen aber greifen zu minder unschuldigen Surrogaten, zu den alkoholischen Getränken, deren ausgedehnter Gebrauch, wie wir gesehen haben, nicht ganz unbedenklich ist.

Wenn aber, was bisher nicht bewiesen ist, aber doch als möglich, vielleicht sogar als einigermaßen wahrscheinlich gelten kann, unter Umständen auch die Cholera-, Tuberkel-, Typhusbacillen in das Wasser hineingelangen und in demselben lebensfähig bleiben können, dann ist es doch nicht ausgeschlossen, dass man sich durch das Trinken des Wassers infiziren kann. Von Pettenkofer wird bestritten, dass in dieser Weise die Cholera verbreitet wird. Aber wie wir schon bei der Milch gesehen haben, gänzlich leugnen kann man nicht, dass Typhus, Scharlach, Dysenterie, vielleicht auch Cholera und andre sogenannte Infektionskrankheiten durch Trinkwasser verbreitet werden können. Und das Gleiche gilt wohl auch von manchen Parasiten, welche selbst oder deren Eier mit dem Wasser aufgenommen werden können. Eier von Askariden oder Glieder von Bandwürmern können ins Wasser gelangen und darin einige Zeit fortleben. Die mikroskopische Untersuchung würde derartige Eier und Larvenzustände leicht nachzuweisen vermögen. Was die Keime der Infektionskrankheiten anlangt, so ist der Nachweis sehr viel schwieriger. Aber auch solche hat man schon im Wasser gefunden.

Wenn dem aber so ist, dann sollten wir alle verdächtigen Wässer vom Gebrauch ausschließen. Verdächtig werden aber alle sein, welche die Wahrscheinlichkeit oder Möglichkeit zeigen, dass sie mit Dejektionen verunreinigt sind. Wenn Pettenkofer darauf hinweist, dass an manchen Orten im Gebirge nachweislich mit Jauche verunreinigtes Wasser, das sogen. Schwarzwasser, vom Vieh getrunken wird und doch nicht schädlich wirkt, so ist das nicht beweisend. Wir behaupten nicht, dass der Genuss unreinen Wassers krank macht, sondern nur, dass er unter Umständen krank machen *kann*, nämlich wenn in ihm spezifische Krankheitserreger enthalten sind. Und wir behaupten ferner, dass derartige Keime in Wasser, welches mit Dejektionen verunreinigt ist, vorkommen können. Die chemische Untersuchung freilich kann diese Keime nicht nachweisen, höchstens

die Art der Verunreinigung. Aber das kann uns nur darin bestärken, alles verunreinigte Wasser vom Gebrauch auszuschließen und nur solches zum Genuss zuzulassen, welches in keiner Beziehung einen Verdacht erwecken kann.

Verbesserung des Wassers durch Kochen.

364. Bei der Schwierigkeit stets gutes, reines Wasser zu beschaffen, ist es von Wichtigkeit, zu untersuchen, ob es Mittel gibt, verdorbenes Wasser zu reinigen oder unschädlich zu machen. Gewöhnlich versteht man unter Reinigen des Wassers freilich nur die Beseitigung der beigemengten Trübungen durch Filtration. Dieselbe ist nicht unwichtig, ich werde von ihr in der nächsten Vorlesung noch sprechen. Aber gerade die das Wasser trübenden Beimengungen sind, wie wir gesehen haben, oft das am wenigsten schädliche. Die gelösten Stoffe aber werden durch die Filtration nur wenig oder gar nicht verändert.

Nehmen wir an, dass in einem Wasser lebende, organisirte Elemente enthalten seien, welche als solche gesundheitsgefährlich werden können, so gibt es offenbar ein ganz zuverlässiges Mittel, dieselben unschädlich zu machen: man muss das Wasser kochen. Abgesehen davon, dass durch Kochen ein Teil des Kalkes ausgefällt werden kann, tötet es, wenn es nur lange genug geschieht, alles was lebend war, Eier von Eingeweidewürmern, Pilze und Sporen derselben. Kochen ist daher das beste, was man thun kann, um Wasser von solchen schädlichen Bestandteilen zu befreien, und das einzige rationelle und zuverlässige Mittel zu diesem Zweck. Freilich wird dagegen eingewendet, dass gekochtes Wasser nicht schmeckt. Wenn man jedoch kein gutes Quellwasser hat und sich mit dem Wasser eines offenen Grabens oder schlechten Brunnens behelfen muss, so kann es darauf nicht ankommen. Sicherlich steht doch Unschädlichkeit höher als Wohlgeschmack. Außerdem haben wir Mittel, dem faden Geschmack abzuhelfen. Schon dadurch, dass wir es wieder abkühlen, wird der Geschmack bedeutend verbessert. In manchen Städten, wo es durch die allmähliche Verjauchung des Grundes dahin gekommen ist, dass ein trinkbares Brunnenwasser überhaupt nicht mehr vorhanden ist und man auf das auch nicht immer mustergiltige Leitungswasser angewiesen ist, sind die Bewohner in Bezug auf den Geschmack des Wassers überhaupt nicht verwöhnt. Man wird dann durch kleine Zusätze zu gekochtem und wieder abgekühltem Wasser oft ein schmackhafteres Getränk erhalten, als das ursprüngliche Wasser war. Wir müssen aber die Leute darüber belehren, dass diese Zusätze (Spirituosen oder Fruchtsäfte) nur als Geschmackskorrigentien wirken und allein für sich, wenn

sie dem ungekochten Wasser zugesetzt werden, dasselbe nicht unschädlich machen, wie noch immer viele glauben. Es empfiehlt sich übrigens, die Geschmackskorrektion gleich mit dem Kochen zu verbinden. Das ist schon darum besser, weil die Köchinnen nicht einsehen, dass das Wasser wirklich gekocht haben muss. Sie glauben schon genug gethan zu haben, wenn sie das lauwarme Wasser aus dem sogenannten Wasserschiff des Kochherds nehmen, oder sie mischen auch wohl das gekochte Wasser mit ungekochtem. Ich empfehle Ihnen deshalb folgende Vorschrift zu machen und auf deren pünktliche Erfüllung mit aller Energie hinzuwirken. Gedörrtes Obst, am besten sogenannte Birnschnitz (etwa 50 g auf 1 l) werden im Wasser vollkommen weich gekocht bis zu vollständigem Zerfall. Man lässt dann das Wasser durch ein feines Haarsieb oder ein leinenes Tuch durchseihen und in verschlossenen Gefäßen abkühlen. Das klare, schwach gelb gefärbte Wasser wird als gewöhnliches Getränk benutzt. Wenn man es vor dem Gebrauch auf kurze Zeit in den Eisschrank stellt, schmeckt es recht gut. In vielen Familien ist das schon eingeführt; Jung und Alt trinken es gern und ziehen es dem oft sehr zweifelhaften Brunnenwasser vor.

365. Ebenso wirksam wie das Kochen ist natürlich das Destilliren des Wassers, bei welchem außer einigen flüchtigen Stoffen, besonders Ammoniak, nichts mit übergeht. Destillirtes Wasser zum Zweck des Trinkens wird aber nur auf Seeschiffen hergestellt und zur Bereitung der künstlichen Mineralwässer. Sind diese mit Sorgfalt bereitet, so können sie natürlich ebensogut, ja vielleicht noch besser als Ersatz für gutes Trinkwasser dienen wie die natürlichen Mineralwässer. Man muss aber daran denken, dass der Billigkeit wegen eine sehr große Menge des künstlichen Selterser oder des sogenannten Sodawassers nicht aus destillirtem Wasser hergestellt wird. Und dass ein schlechtes, vielleicht sogar stark infizirtes Wasser nicht eben unschädlich wird, wenn man ihm ein Paar Gramm Kochsalz oder Natriumkarbonat zufügt und es mit etwas Kohlensäure imprägnirt, versteht sich ja von selbst.

Chemische Reinigung.

Man hat auch versucht, die Schädlichkeiten des Wassers auf chemischem Wege zu beseitigen. Allerlei Mittel sind dazu empfohlen worden, aber ganz zuverlässig ist keines befunden. Ich selbst habe zu diesem Zweck im Jahre 1866 bei Gelegenheit eines Gutachtens für die Cholerakommission der Stadt Berlin in Gemeinschaft mit W. Kühne die Chamäleonlösung empfohlen. Dieselbe ist jedoch kein antiseptisch wirkendes Mittel wie Karbolsäure etc. Be-

sonders ist zu beachten, dass sie nur ganz kurze Zeit wirkt; denn wenn man sie zu einem Wasser zusetzt, welches organische Substanzen enthält, so wird die Übermangansäure zersetzt, und was daraus entsteht, ist unwirksam. Karbolsäure kann man dem Trinkwasser nicht zusetzen, noch weniger Sublimat oder andre sicher desinfizirend wirkende Chemikalien. Wir gingen bei unserm damaligen Vorschlag von der Voraussetzung aus, dass die im Wasser etwa vorhandenen schädlichen Organismen sehr zart seien und, wenn man Übermangansäure zusetzt, sie zuerst verändert werden und ihre Wirksamkeit verlieren würden. Man kannte damals die Natur jener, von uns vermuteten Organismen absolut nicht. Wenn man aber bedenkt, dass diese Organismen, wie man jetzt weiß, in der That wenig empfindlich sind und noch weniger ihre Keime, so ist von der Übermangansäure nicht viel zu erwarten. Alles, was sie leisten kann, ist, dass sie die im Wasser vorhandenen leicht oxydirbaren organischen Stoffe in höher oxydirte überführt. Ob damit aber in Bezug auf Gesundheitsschädigung etwas gewonnen ist, darf wohl sehr angezweifelt werden. Übrigens darf man nur soviel zusetzen, dass gerade die Färbung schwach rosenrot bleibt, und schon dadurch wird der Geschmack des Wassers verdorben. Dem kann man abhelfen, indem man nachträglich eine geringe Menge einer Lösung von Natriumhyposulphit zufügt, bis der letzte Rest von Kaliumpermanganat zersetzt und die Färbung wieder verschwunden ist.

Nicht eben viel mehr Nutzen ist zu erwarten vom Zusatz von Thonerde, Kalk, Gerbsäure etc. Diese können Niederschläge erzeugen und die Niederschläge reißen auch manches, was sonst noch im Wasser enthalten ist, mit, vielleicht auch einen Teil der Mikroorganismen. Wie viel aber und welche noch darin bleiben, das ist nicht zu sagen.

Einundvierzigste Vorlesung.

Wasserversorgung.

Zisternen, Quellen und Brunnen. — Wasserleitung. — Flusswasser. — Brunnenwasser. — Die Leitungsröhren. — Leitungen mit beständigem und mit unterbrochenem Zufluss. — Bemessung der nötigen Menge. — Filteranlagen. — Haus und Reisefilter. — Wirksamkeit der Filter.

366. Der Verbrauch an Wasser zu häuslichen und gewerblichen Zwecken ist ein so mannigfacher, dass man niemals zu viel Wasser zur Verfügung hat, vorausgesetzt, dass man im Stande ist, den Vorrat gut und so, dass er vor dem Verderben geschützt ist, aufzubewahren. Das ist aber nicht leicht. Denn wenn das Wasser auch nur geringe Spuren von organischen Stoffen enthält, fault es bei längerem Stehen sehr leicht. Und es ist auch eben so schwer, das Wasser vor dem Hineingelangen solcher Verunreinigungen zu schützen. Deshalb können wir als zweckmäßig nur solche Einrichtungen bezeichnen, bei denen das Wasser in dem Maße, in welchem es gebraucht wird, stets reichlich zu haben ist, aber nicht im Vorrat aufbewahrt zu werden braucht.

Zisternen, Quellen und Brunnen.

Am wenigsten entspricht diesen Anforderungen die in wasserarmen Gegenden übliche Art, das Regenwasser in Zisternen aufzufangen. Da jedoch auch das Regenwasser, wie ich schon bemerkt habe, sehr verunreinigt ist, und zwar wenig Mineralsubstanzen aber immerhin genug organische Stoffe, die es von Dächern, Erdboden u. s. w. mitfortgenommen hat, in die Behälter schwemmt, so bekommen wir auf diese Weise nur ein schlechtes Wasser, von dem aus sich häufig Krankheiten verbreiten. Indem solche Wasser, wenn sie faulen, eine Stätte für Vermehrung von Fäulnis- und Krankheitskeimen werden können, und es an den Orten, wo sie aufbewahrt werden, auch an Gelegenheit zum Hineingelangen solcher Keime nicht fehlt, können sie großen Schaden anrichten. Regenwasser sollte daher nur für solche Zwecke aufgefangen werden, wo es ganz besonders auf Weichheit ankommt, z. B. zum Waschen. Und auch dabei muss, wenn die Behälter in der Nähe der Wohnungen ihren Stand haben, darauf gesehen werden, dass dieselben gut bedeckt sind und öfter

gereinigt werden, um der Ansammlung sich zersetzender organischer Stoffe vorzubeugen.

Wo es möglich ist, das Wasser jederzeit in dem Maße, als es verbraucht wird, aus dem im Innern der Erde angesammelten zu gewinnen, werden wir diesem Wasser entschieden den Vorzug vor dem Zisternenwasser geben. Quellen, d. h. solche Stellen, wo das Wasser selbst hervortritt, gibt es nicht immer, oder doch nicht in hinreichender Mächtigkeit; aber fast immer findet sich in einer gewissen Tiefe das Grundwasser und wenn wir dieses heraufbefördern, so kann es in der Regel den Bedarf der Menschen decken. Zuweilen aber sind wir freilich genötigt, statt der Flachbrunnen, welche Grundwasser liefern, zur Anlage von Tiefbrunnen zu schreiten. Und bei ungünstigen geologischen Verhältnissen erhalten wir auch auf diese Weise kein genügendes, zuweilen nur ganz unbrauchbares Wasser.

Alle Brunnen, die in der Nähe bewohnter Häuser oder inmitten großer Städte sich befinden, sind der Gefahr ausgesetzt, dass das Wasser durch Abfälle verunreinigt wird. Trotzdem ist aus Brunnen häufig noch brauchbares Wasser zu gewinnen, selbst an Orten, wo die oberflächlichen Schichten ganz durchjaucht sind. Denn die schädlichen Substanzen werden in den oberflächlichen Schichten des Bodens zurückgehalten, während das Wasser nach unten sickert und dabei gereinigt wird. Wenn aber die Umschließung des Brunnenschachtes nicht wasserdicht ist, so kann die das umgebende Erdreich durchsetzende Jauche direkt ihren Weg in die Brunnen finden, wodurch ein ursprünglich gutes Brunnenwasser nachträglich starke Verunreinigungen erfahren kann. So ist es gekommen, dass die Brunnen innerhalb der Städte fast alle Wasser geben, welches nicht mehr gut schmeckt und nicht mehr als zuverlässig angesehen werden kann. Und selbst auf dem flachen Lande kommt es nicht selten vor, dass von Stallungen oder Misthaufen her eine Verunreinigung des Brunnens erfolgt.

Wenn offene Wasseransammlungen, Bäche, Flüsse, Teiche und Seen, das Verbrauchswasser liefern, so ist auch hier die Gefahr der Verunreinigung durch Zuflüsse aller Art nicht ausgeschlossen. Kurz überall da, wo der Mensch mit seinen Abfällen nicht vorsichtig genug verfährt, verdirbt er sich selbst eines der notwendigsten Bedürfnisse.

Wasserleitung. **367.** In allen solchen Fällen muss man dann das Wasser zuleiten von solchen Stellen her, wo es in genügender Menge und Reinheit zu finden und wo die Gefahr des Verderbens ausgeschlossen ist. Wir verstehen unter Wasserleitung alle Einrichtungen, welche getroffen sind, um den Bewohnern brauchbares Wasser zu ökonomischen

und physiologischen Zwecken von passenden Stellen herzuleiten. Schon die Römer haben, wie bekannt, derartige Leitungen hergestellt, manchmal sogar meilenweit in kunstvollen Aquaedukten das Wasser fortgeleitet. Heutzutage pflegt man nicht mehr solch kostspielige Bauten aufzuführen, sondern man legt die Röhren unterirdisch, und zwar so tief, dass sie vor dem Einfrieren geschützt sind, wobei durch seinen eignen Druck das Wasser auch Anhöhen überschreiten und über Thaleinschnitte weg wieder in die Höhe getrieben werden kann.

Soll eine Wasserleitung ganz ihren Zweck erfüllen, so muss nicht bloß das Wasser in die Stadt geleitet werden, sondern es muss unter so hohem Druck stehen, dass es in die Häuser hinaufgetrieben wird bis über Dachhöhe, damit es auch zu Feuerlöschzwecken stets bereit ist. Es muss aber auch überall und zu jeder Zeit in genügender Menge zur Verfügung stehen. Je spärlicher das Wasser den Bewohnern zugemessen wird, desto schwieriger ist es diesen, die für die Hygiene so wichtige Reinlichkeit zu pflegen. Wenn man nur nötig hat, einen Hahn aufzudrehen, um stets überall, selbst in den obersten Stockwerken, laufendes Wasser in unbegrenzter Menge zu haben, so wird sich die Reinlichkeit von selbst einstellen. Dazu kommt noch, dass andre wichtige hygienische Einrichtungen, insbesondre die Kanalisirung und die Spülabtritte (§ 163) zu ihrer guten Funktionirung reichlichen Wasserzuflusses bedürfen, ebenso die so wohlthätige Besprengung und Reinigung der Straßen, die Besprengung von Gärten und öffentlichen Anlagen u. s. w. Rechnet man dazu noch das zu gewerblichen Zwecken nötige Wasser, so ergibt sich dass eine spärliche Zuführung ihren Zweck vollkommen verfehlen würde.

Es wird aber nicht immer leicht sein, für alle diese Zwecke genügendes Wasser zu beschaffen. Die Verhältnisse sind in verschiedenen Orten so ungleich, dass man keine generellen Regeln aufstellen kann. Nur selten findet man in der Nähe der zu versorgenden Städte genügend große Wasserbecken in so hoher Lage, dass man das Wasser nur einfach durch eine Röhrenleitung fortzuführen braucht und dennoch der Druck ausreicht, um das Wasser bis an alle Verbrauchsstellen zu treiben. Bei einigen schottischen Bergseen ist das der Fall, und diese haben auch ein sehr reines Wasser. An andern Stellen hat man auch durch sogenannte Thalsperren künstlich derartige Bassins angelegt. In andern Fällen, wenn ein quellenreicher Gebirgszug in der Nähe ist, kann man die Quellen fassen d. h. durch Ummauerung ihr Wasser auffangen. In der Regel aber wird man gezwungen sein, das Wasser aus tiefer gelegenen Quellen zu nehmen

und künstlich auf eine solche Höhe zu heben, dass der Druck gewonnen wird, welcher es weiter bis zu den Verbrauchsstellen treibt.

Flusswasser. **368.** In vielen Fällen hat man das Wasser den Flüssen entnommen oberhalb der Städte und hat dasselbe ohne weitere Veränderung oder auch nach vorheriger Filtration zum Verbrauch fortgeleitet. Solche filtrirte Flusswässer werden aber nicht immer die Eigenschaften haben, die wir von gutem Wasser verlangen müssen. Deshalb findet man auch oft, dass dieses zugeleitete Wasser nicht zum Trinken verwendet wird, sondern bloß zum Waschen und zu sonstigen häuslichen und gewerblichen Zwecken, während die Brunnen zur Beschaffung des Trinkwassers daneben noch bestehen bleiben. Schöpft man Wasser aus einem Fluss oberhalb einer Stadt, so kann die Verunreinigung gering sein, besonders wenn weiter oben nur vereinzelte kleine Orte liegen, deren Abwässer sich sehr schnell durch Selbstreinigung in unschädliche Substanzen verwandeln. Wenn aber eine Stadt durch ihr Wachstum sich auch flussaufwärts ausdehnt, so wird sehr bald die Verunreinigung so zunehmen, dass das Wasser selbst für den Zweck des Kochens oder Waschens nicht mehr brauchbar ist.

Es ist aber, wie ich glaube, überhaupt ein Irrtum, wenn man nur für das Trinken reines Wasser für nötig hält, für andre Zwecke aber mit einem geringeren Grade von Reinheit glaubt auskommen zu können. Für die Schmackhaftigkeit kann man ja einen solchen Unterschied machen, aber Geschmack und hygienische Bedeutsamkeit des Wassers decken sich keineswegs immer. Ein vollkommen unschädliches Wasser kann fade, ja sogar unangenehm schmecken, wenn es warm ist, keine Kohlensäure und geringe Mengen ungewöhnlicher, aber harmloser Bestandteile, oder auch, wenn es von solchen Stoffen, an deren Anwesenheit wir gewöhnt sind (z. B. Kalksalze) zu wenig enthält. Und ein andres Wasser kann sehr gut schmecken, ganz klar und rein aussehen und doch schädlich sein. Was wir am meisten im Wasser zu fürchten haben, sind ja die eventuell in ihm vorhandenen krankheitserregenden Mikroben. Ich habe schon in der vorhergehenden Vorlesung darauf hingewiesen, dass vielleicht durch den Genuss solchen Wassers die Krankheitskeime direkt in unsern Körper gelangen und denselben krank machen können. Aber wenn derartige Schädlichkeiten nicht im Trinkwasser, dafür aber im Gebrauchswasser vorhanden sind, so werden die hygienischen Gefahren nur um so größer sein. Wenn wir unsern Körper oder unsre Wäsche, unsre Geräte und Fußböden mit solchem Wasser waschen und dieses Waschwasser fortschütten, wenn dasselbe in den verschiedensten Ge-

werbebetrieben gebraucht und dann als Abwasser fortgeleitet wird, dann haben wir ja dem Wasser eine Unmasse von Stoffen beigefügt, welche erst den rechten Nährboden für jene Mikroben abgeben und sie werden nun um so lustiger in demselben wuchern können, werden mit demselben in den Erdboden eindringen, dort gelegentlich auch in Brunnen gelangen oder, massenhaft vermehrt, auf andern Wegen aus dem Boden wieder heraus und in Menschen einwandern, um diese krank zu machen.

Aus denselben Gründen müssen wir aber auch das Umgekehrte für fehlerhaft und ungenügend erklären, nämlich dass nur eine Trinkwasserleitung angelegt wird, für die andern Zwecke aber die Bewohner auf Fluss- oder Brunnenwasser von zweifelhafter Beschaffenheit angewiesen bleiben. Dies ist an vielen Orten geschehen. Da das Trinkwasser nur einen sehr geringen Bruchteil des gesamten Wasserbedarfs ausmacht, so genügen die dazu hergestellten Leitungsröhren nicht für den größern Bedarf. Man muss deshalb, wenn man sich später zu einer vollständigern Anlage entschließt, die alte Leitung und die auf sie verwandten Kosten verloren geben.

369. Wo so besonders günstige Bedingungen zur Beschaffung größerer Wassermengen nicht gegeben sind, wie wir sie in Gebirgen haben, bleibt nichts übrig als dasselbe aus Flüssen, Seeen oder aus großen, zu diesem Zweck anzulegenden, Brunnen zu schöpfen. Kann man dieselben in der Nähe größerer Landseeen anlegen, so leistet das filtrirte Wasser des Seebeckens und das Grundwasser, welches dort in reichlicher Menge vorhanden zu sein pflegt, immer für einen genügenden Zufluss zu den Brunnen Gewähr. Auch in der Nähe eines Flusses angelegte Brunnen geben reichliches Wasser. In einem Thal, durch welches ein Fluss strömt, pflegen auch die unterirdischen Schichten, welche für Wasser nicht durchlässig sind, von beiden Seiten nach der tiefen Stelle des Flusseinschnitts hin geneigt zu sein, so dass alle Grundwasserströmungen dorthin gerichtet sind. Wenn wir daher an dem Ufer entlang eine Reihe von Brunnen bauen, so können wir darauf rechnen, dass sich dort größere Mengen von Wasser ansammeln, die man schöpfen und verwenden kann. Um den nötigen Druck zu bekommen, muss man Hochreservoire anlegen, in die man das Wasser hineinpumpt. Man benutzt dazu etwa vorhandene Terrainerhöhungen, und wo diese nicht ausreichen, muss man künstlich nachhelfen durch Mauerwerk oder Erdaufschüttung. Der Sicherheit wegen wird das Reservoir durch Überwölbung mit Mauerwerk zugedeckt bis auf eine Zugangsöffnung, damit das Wasser eine gleichmäßige Temperatur behält und vor

Brunnenwasser.

Verunreinigung geschützt ist. Von dem Reservoir leitet man das Wasser weiter.

Die Leitungsröhren.

370. Die Leitungsröhren müssen natürlich die genügende Weite und Wandstärke haben, um den Druck auszuhalten und um genügende Strömungsgeschwindigkeit zu gestatten. Von der Hauptleitung zweigen sich nach und nach die Nebenleitungen und von diesen zuletzt die Leitungen für die einzelnen Häuser ab. Die Straßenleitung wird gewöhnlich aus gusseisernen Röhren gemacht, welche etwa 2—3 m lang sind und in ähnlicher Weise zusammengefügt werden wie die früher besprochenen Abwässerröhren. Die Röhren müssen stark genug sein, um den hohen Druck auszuhalten, und die Verbindungsstellen müssen mit aller Sorgfalt gedichtet werden. Um das Rosten der Röhren und die Aufnahme von Eisen durch das Wasser zu verhüten, werden die Röhren außen und innen mit Teer bestrichen, der ordentlich getrocknet sein muss, ehe man die Röhren verlegt.

Die kleinern Abzweigungen, welche von den Straßenleitungen in die Häuser gehen, pflegt man aus Blei zu machen. Dies hat sich in den meisten Fällen als vollkommen zulässig erwiesen. Doch liegen auch Fälle vor, wo durch das Wasser Bleivergiftungen zu Stande kamen. Das Wasser pflegt bei neuen Röhren in geringem Maße fast immer etwas Blei aufzunehmen. Prüft man das Wasser, so findet man in ihm in den ersten Tagen immer Spuren von Blei; ist es aber einige Zeit durchgeströmt und hat man das erste Wasser ablaufen lassen, so haben sich die Röhren mit einer dünnen Oxydschicht überzogen, welche weiteres Angegriffenwerden verhindert. Es scheint aber sehr von der Beschaffenheit des Wassers abzuhängen, ob und in welcher Zeit diese unauflösliche Schicht sich bildet. Eine sichere Kenntnis darüber, welche Bestandteile des Wassers darauf Einfluss haben, ist bis jetzt noch nicht gewonnen.

Ganz sichern Schutz gewähren die, freilich teureren, Zinnröhren mit Bleiumhüllung und emaillirte Eisenröhren. Letztere lassen sich aber nicht biegen und löten und sind desshalb schwerer zu verlegen. Die Verbindungen können nur durch Verschraubungen, Krümmungen durch Anwendung von Winkelstücken und Abzweigungen durch Einschaltung von T-Stücken bewirkt werden.

Leitungen mit beständigem und mit unterbrochenem Zufluss.

371. Wir können bei der Einrichtung der Wasserleitungen zwei Systeme unterscheiden. Bei dem einen wird das Hochreservoir so groß angelegt, dass es den Gesamtbedarf des Wassers immer vorrätig enthält, und dass man überall, wo man das Wasser braucht, *nur nötig* hat, einen Hahn zu öffnen, um das Wasser ausfließen zu

lassen. Die Pumpwerke sind immer in Thätigkeit und sorgen dafür, dass das Wasser in dem Maße, als es verbraucht wird, ersetzt wird, so dass im Reservoir das Niveau immer nahezu gleich hoch steht. Der Abnehmer kann also, je nach seinem Bedarf, viel oder wenig Wasser entnehmen, und die Erfahrung wird bald lehren, wieviel ungefähr zu jeder Tagesstunde von allen Abnehmern zusammen verbraucht wird. Dies pflegt z. B. in den Vormittagsstunden mehr zu betragen als Nachmittags, am Tage mehr als in der Nacht. Danach wird dann der Betrieb der Pumpen geregelt. Dieses System hat man als Leitung mit beständigem Zufluss bezeichnet. Es gibt aber auch solche mit unterbrochenem Zufluss, bei welchen einmal am Tage, in der Regel morgens, das Wasser in ein in jedem Hause angebrachtes kleines Reservoir hineingeleitet wird, von welchem die Hausleitungen sich verteilen, so dass die Leute sich mit dem Wasservorrat den Tag über einrichten müssen. Dieses Reservoir wird dann abwechselnd ganz voll und leer sein. Damit es nicht überläuft, müssen gewisse Maßregeln getroffen werden. Man bringt selbstregulirende Zuflusshähne an den Zuflussröhren an, welche die Leitung absperren, sobald das Reservoir gefüllt ist. Derartige Hausreservoire sind hygienisch nicht zu empfehlen. Im Sommer wird das Wasser sehr warm; im Winter ist es schwer vor dem Einfrieren zu schützen. Dadurch, dass die Reservoire abwechselnd gefüllt sind und leer laufen, ist der Verunreinigung Thür und Thor geöffnet. Es wird, während das Wasser abläuft, immer Luft vom Dachboden angesogen werden. Mit ihr gelangen Schmutz und Keime aller Art ins Wasser, die Wände überziehen sich mit einem Schlamm, der fault und die fauligen Substanzen dem Wasser mitteilt. Wird von der Leitung eines solchen Reservoirs ein Rohr zur Spülung eines Abtritts abgezweigt, so saugen die andern Röhren, wenn sie leer laufen, Luft aus dem Abtritt auf. Kurz, dieses System ist voller Mängel. Zudem führt es nicht einmal zur Wasserersparnis, denn die Leute lassen morgens, ehe das neue Wasser ankommt, absichtlich den ganzen, noch im Reservoir befindlichen Rest weglaufen, um frisches Wasser zu bekommen.

Von allen diesen Mängeln ist die Wasserleitung mit beständigem Zufluss frei. Ihre großen Hauptreservoire stehen unter strenger Kontrole von geschulten Beamten, die Röhrenleitungen werden in gutem Zustande erhalten und dadurch, dass sie immer voll sind, ist eine Verunreinigung weniger leicht möglich. Nichts destoweniger ist es notwendig, auch ihren Betrieb streng zu überwachen, insbesondre

auch für die nötigen Reservebassins zu sorgen, damit man unter Umständen das eine oder andre außer Betrieb setzen und reinigen kann.

..g ..gen

372. Es entsteht bei jeder Wasserleitungsanlage die Frage, wie viel Wasser man vorrätig halten muss, um allen Bedürfnissen zu genügen. Das Bedürfnis nimmt mit der Leichtigkeit der Versorgung zu; deswegen sind die Berechnungen, welche man auf Grund der Verhältnisse in einer Stadt, die noch keine Wasserleitung hat, macht, nicht maßgebend. Auch die Wasserlieferung der schon ausgeführten Anlagen in den einzelnen Städten schwankt sehr. Es macht natürlich einen großen Unterschied, ob die Wasserleitung für alle Bedürfnisse, zum Trinken, Kochen, Waschen, für Feuerlöschzwecke oder auch noch für industrielle Zwecke, Besprengen von Gärten etc. dienen soll, oder ob neben der Wasserleitung noch Brunnen gebraucht werden. Für alle genannten Zwecke zusammen darf die Wasserversorgung pro Kopf und Tag nicht unter 60 Liter sein; man wird aber gut thun 100—150 Liter zu berechnen. Natürlich muss man auch bei der Anlage auf das mutmaßliche Wachstum der Stadt Rücksicht nehmen. In manchen Städten ist die Benutzung für industrielle Zwecke nicht gestattet. Man kann den Abnehmern das Wasser entweder für eine Pauschsumme liefern, oder Wassermesser einschalten, welche die Menge abmessen und danach den Preis berechnen, wie bei dem Leuchtgasverbrauch. Unser Hauptzweck ist, dass gutes Wasser geliefert wird in solcher Menge, dass die Leute möglichst wenig veranlasst werden, mit dem Wasser zu sparen. Dieser Zweck wird weniger gut erreicht, wenn das Wasser (wie das in einigen Städten der Fall ist) durch offene Röhren kontinuirlich fließt und der Preis nach dem Querschnitt der Mündung (sogenannten Stiften) berechnet wird. Durch ein solches Röhrchen fließt das Wasser langsam. Braucht man viel, z. B. für ein Bad, so dauert es viel zu lange, bis man das Quantum hat. Und braucht man keins, so fließt das Wasser unbenutzt fort. Wird dagegen das Wasser durch weite Röhren mit Hahnverschlüssen zugeleitet, dann regelt sich der Verbrauch nach dem Bedarf. Aber die Leute werden durch die Bequemlichkeit der Zuführung allmählich daran gewöhnt, nicht zu geizen, wo sie das Wasser wirklich gebrauchen, andrerseits aber das unnütze Fortlaufenlassen zu vermeiden.

Filteranlagen.

373. Fluss- und Brunnenwässer sind oft bei sonst tadelloser Beschaffenheit durch aufgeschwemmte, wenngleich unschädliche Substanzen getrübt oder werden nachträglich trüb, besonders wenn sie geringe Mengen von Eisenoxydulverbindungen enthalten, welche an der

Luft in unlösliche Oxydverbindungen übergehen. Auch organisirte Lebewesen können die Trübung veranlassen, wie wir schon an dem Beispiel der *Crenothrix polyspora* (§. 351) gesehen haben, ohne dass dadurch das Wasser schädliche Eigenschaften erhielte. Wohl aber hat ein solches Vorkommen den Nachteil, dass sich, wenn die Algen absterben, nachträglich Fäulnis einstellen kann. Und weil trübes Wasser auf alle Fälle einen unangenehmen Eindruck macht, so wird dasselbe einer Reinigung durch Filtration unterworfen.

Die Filtration wird in der Regel durch Sand bewirkt; nur ausnahmsweise kommen andre poröse Materialien, Holzkohlen, Schwämme, poröse Steinplatten u. d. g. in Gebrauch. Die Filtration wirkt in erster Linie mechanisch; beim Durchgang des Wassers durch die feinen Porenkanäle werden die aufgeschwemmten Stoffe, sofern sie größer sind als der Durchmesser der Porenkanäle, zurückgehalten und dadurch wird das Wasser geklärt. In zweiter Linie werden aber auch durch die Oberflächenanziehung geringe Mengen der gelösten Bestandteile zurückgehalten, was besonders die organischen Substanzen betrifft. Diese letztere Wirkung ist bei der Sandfiltration geringer als bei Anwendung fein verteilter Kohle; am geringsten ist sie bei Anwendung poröser Steine als Filter.

Die Einrichtung der Sandfilter ist in den Einzelnheiten verschieden. In der Regel bestehen sie aus Schichten von verschiedener Beschaffenheit. Zu unterst wird zunächst eine Lage kleiner Steine gelegt, darauf grober Kies, dann feinerer Kies, dann grober Sand und zu oberst ganz feiner Sand. Der Wasserzufluss wird so geregelt, dass das Wasser nur ganz langsam durch die verschiedenen Schichten durchsickert. Strömt es zu schnell, so können die schon zurückgehaltenen Trübungen wieder aufgerührt und mit dem Wasser fortgeschwemmt werden, wodurch natürlich der Zweck vereitelt wird. Um große Wassermengen zu filtriren, bedarf es daher sehr großer Filteranlagen.

Ein solches Filter kann nicht länger als 4 bis höchstens 6 Wochen in Benutzung bleiben. Allmählich verstopfen sich die Poren zwischen den feinen Sandkörnchen, wodurch ihre Wirksamkeit aufhört. Das Filter muss dann außer Gebrauch gesetzt und gereinigt werden, indem die oberste am meisten verunreinigte Schicht durch reinen Sand ersetzt wird. Aus diesem Grunde müssen immer ein oder mehrere Reservefilter angelegt werden, um die einzelnen der Reihe nach außer Betrieb setzen zu können. Um die Reinigung auch bei Frostwetter ungestört vornehmen zu können, ist es notwendig, die einzelnen Filterbassins

mit Mauerwerk zu überwölben und mit Erde und Rasen zu überdecken.

Ist das Wasser sehr trübe, so lässt man es in Klärbassins sich einigermaßen durch Absitzen reinigen. Aus diesen Bassins leitet man es durch stellbare Schleusen auf die eigentlichen Filter. Hier sinkt es allmählich, indem es seine Trübungen in der feinen Sandschicht zurücklässt, in die Tiefe und sammelt sich als klares Wasser zwischen den gröbern Stücken der untern Lagen, um von da durch Röhren abzufließen.

Die erwähnte chemische Wirkung der Filter wird wesentlich verstärkt durch die Anwesenweit noch nicht näher bekannter Mikroorganismen, welche eine energische Oxydationswirkung zu vermitteln im Stande sind. Da diese Mikroorganismen selten oder niemals in den zu filtrirenden Wässern fehlen, so verschwinden allmählich die organischen Stoffe, indem sie in Kohlensäure und Ammoniak übergehen; bei längerer Einwirkung wird das Ammoniak in Salpetersäure übergeführt. Diese Selbstreinigung vollzieht sich, wie wir früher gesehen haben, in verunreinigten Flüssen und im verunreinigten Erdboden, und sie spielt auch bei den Sandfiltern gewiss eine, freilich noch nicht genügend aufgeklärte Rolle. Es wird eine wichtige Aufgabe für die Wasserreinigung sein, die Bedingungen genauer festzustellen, unter denen die Reinigung am vollkommensten vor sich geht.

Während diese Mikroorganismen nützliche Eigenschaften haben, können freilich im Wasser auch andre vorkommen, welche als Krankheitserreger den größten Schaden anrichten. Leider ist eine Trennung der nützlichen von den schädlichen unmöglich.

Haus- und Reisefilter.

374. Nicht selten kommt man in die Lage, Wasser im kleinen für den Hausgebrauch oder auf Reisen und Märschen filtriren zu müssen. Zu diesem Zwecke hat man auch kleinere Filter konstruirt. Ein viel benutztes Hausfilter, welches recht gut arbeitet, besteht aus einem Steingutgefäß, welches durch eine Scheidewand in eine obere und untere Abteilung geteilt ist. Beide hängen durch eine Öffnung zusammen. In diese Öffnung steckt man einen Badeschwamm, der als Vorfilter dient; indem das Wasser, welches man in die obere Abteilung gießt, den Schwamm durchdringt, werden gröbere Verunreinigungen zurückgehalten; so gelangt es in die zweite Abteilung, welche das eigentliche Filter, feinporigen Sandstein oder eine ähnliche Masse enthält. Indem das Wasser diese durchdringt, gelangt es, vollkommen geklärt, in die unterste dritte Abteilung. Während die aus dieser verdrängte

Luft durch eine vertikale Röhre nach oben entweicht, kann das geklärte Wasser unten durch einen Hahn abgelassen werden.

Statt der porösen Steine kann man auch Filz oder Gewebe zum Filtriren benutzen, doch sind dieselben zu sehr der Fäulnis ausgesetzt. Man stellt auch künstliche poröse Massen dar z. B. aus Porzellanthon, welchen man nicht vollständig sondern bei mäßiger Hitze brennt, so dass er nicht verglast, sondern porös bleibt. Man kann die Porosität erhöhen, wenn man den Thon mit feinem Sägemehl mischt. Indem dieses verbrennt, bleibt eine Art schwammige Masse zurück, durch welche das Wasser klar filtrirt. Man kann die Filter auch direkt mit der Wasserleitung in Verbindung bringen der Art, dass beim Öffnen des Zuflusshahns das Wasser unter dem Druck, welchen die Leitung bietet, durch das Filter durchgepresst wird. Ein solches Filter besteht z. B. aus einer Hülse, welche oben mit einer Verschraubung versehen ist zur Verbindung mit der Wasserleitung. Innerhalb dieser Hülse befindet sich der poröse Körper. Indem das Wasser unter dem Druck der Wasserleitung durch die poröse Wand filtrirt, läuft es aus dem innern Raum des Filters ab. Der Boden der Hülse, an dem das Filter befestigt ist, kann abgeschraubt werden, so dass man es herausnehmen und abspülen kann; denn die im Wasser vorhandenen Trübungen legen sich an seiner äußern Fläche an, dringen auch zum Teil in die Poren ein, wodurch das Filter allmählich schwerer durchgängig wird. Schraubt man es aber in umgekehrter Anordnung an die Wasserleitung, so dass das Wasser von innen nach außen filtrirt, so kann man die Verstopfung wieder einigermaßen heben.

Um die chemische Wirkung bei der Filtration zu erhöhen, hat man allerlei empfohlen. So sind z. B. die Eisenschwammfilter von Dr. Bischof sehr gerühmt worden. Diese enthalten metallisches Eisen in fein verteiltem Zustande, durch Reduktion von Eisenoxyd (Hämatit, Blutstein oder Roteisenerz) gewonnen. Ihre Wirkung kann aber nur im Anfang eine besondre sein. Denn das Eisen muss sich bald oxydiren und dann wirkt es nur mechanisch wie andre poröse Substanzen auch. Nur die fein verteilte Kohle wirkt energisch, wenn sie frisch geglüht ist, büßt aber auch sehr bald viel von ihrer Wirksamkeit ein.

Portative Filter pflegt man aus sogenannter plastischer Kohle anzufertigen. Man vermischt feingeriebene Kohle mit einer Masse, welche sie knetbar macht. Daraus formt man Körper von verschiedener Gestalt und lässt sie trocknen. Eine sehr verbreitete Form ist z. B. die einer Hohlkugel mit einem Rohr-Ansatz. Ein solches Filter kann

man auf zwei Arten benutzen. Entweder man verbindet den Rohransatz mit der Wasserleitung und lässt das Wasser von innen nach außen filtriren, so dass es in ein untergesetztes Gefäß abläuft. Oder man verbindet den Rohrstutzen mit einem Gummischlauch, legt das Filter in das zu filtrirende Wasser, und saugt an dem freien Schlauchende, wodurch man das Wasser zwingt, durch die Poren hindurchzutreten. Biegt man den Schlauch, nachdem er sich gefüllt hat, nach abwärts, so wirkt er als Heber und das klare Wasser fließt in ein untergesetztes Gefäß ab.

Wirksamkeit der Filter.

375. Die Filter wirken sehr verschieden, je nach der Beschaffenheit der Poren. Gute Filter sind so feinporig, dass es eines starken Drucks bedarf, um das Wasser durchzudrücken. Darum dauert es aber lange, bis eine größere Menge von Flüssigkeit durchgeht. Je enger die Poren sind, um so vollständiger werden kleine Körper zurückgehalten. Sehr kleine Partikel können aber selbst durch enge Öffnungen hindurchgehen, besonders wenn es sich um Körper handelt, welche eine gewisse Elastizität besitzen, und wenn der Filtrationsdruck groß ist. Wir müssen also, um ein Urteil über die Wirksamkeit zu gewinnen, uns eine Vorstellung von der ungefähren Weite der Porenkanälchen verschaffen. Wir können das, wenn wir reinem Wasser solche Körperchen beimischen, welche eine gewisse Durchschnittsgröße haben, und sehen, ob diese durch das Filter gehen. Ich wähle dazu Stärkekörner. Dieselben haben je nach ihrem Herkommen verschiedene Größe; so sind die Stärkekörner der Kartoffel 0,06 - 0,1 mm groß, die des Reises aber nur 0,0066—0,0088 mm. Ich rühre jetzt in dieses klare Wasser ein Gemenge von beiden Stärkearten ein und bringe einen Tropfen des trüben Wassers unter das Mikroskop. Wenn Sie das Präparat betrachten, so werden Sie leicht die beiden Arten unterscheiden, nicht nur wegen der verschiedenen Größe, sondern auch durch die Form. Die Kartoffelstärke zeigt elliptische Körperchen mit exzentrischem, am schmäleren Ende gelegenen Kern und deutlicher Schichtung; die kleinen Körner der Reisstärke sind kantig, nicht geschichtet und zeigen eine sogenannte Kernhöhle. Es kommen zwar auch in der Reisstärke zusammengesetzte Körperchen vor, welche in ihrer Größe denen der Kartoffelstärke nahekommen, aber diese habe ich durch vorheriges Zerreiben zertrümmert. Nun rühre ich das trübe Wasser um, lege das Filter aus plastischer Kohle hinein, sauge an dem Schlauch und lasse das filtrirte Wasser in ein Becherglas ablaufen. Wären die Poren enger als die Reisstärkekörner, so dürfte nichts durchgehen; wären sie weiter als die Kartoffelstärkekörner,

so müsste alles durchgehen. Stehen die Poren zwischen diesen Grenzen, so werden keine Kartoffelstärkekörnchen durchgehen, aber wohl die Körperchen der Reisstärke. Wie Sie bemerken, ist das Filtrat, welches wir erhalten, nicht so trüb wie das unfiltrirte Wasser. Es zeigt nur eine geringe Opaleszenz. Ich nehme nun einen Tropfen des Filtrats und bringe ihn unter das zweite Mikroskop. Wenn Sie dieses Präparat betrachten, so werden Sie nur weniger Körperchen sehen u. z. nur kleine. Die Poren unsres Filters genügen also nicht, um die Reisstärkekörnchen zurückzuhalten; aber die größern Kartoffelstärkekörner gehen nicht hindurch.

Übrigens sind solche Filter, auch die aus einer und derselben Fabrik, untereinander nicht gleich. PAPPENHEIM berichtet von einem derselben Gattung wie das unsre, dass es Körperchen von 0,025—0,03 mm durchgelassen habe. Und auch das, welches Sie hier sehen, hat früher größere Partikelchen durchgelassen als jetzt; damals filtrirte auch das Wasser schneller durch dasselbe als jetzt.

In dem Zustande aber, in dem es sich jetzt befindet, würde es noch Körperchen von der Größe der Reisstärkekörner und selbst größere durchlassen, falls sie elastisch wären. Die Stärkekörnchen des Reises sind aber noch wahre Riesen im Vergleich zu gewissen pathogenen Mikroorganismen. Während sie etwa 7—9 μ messen, hat der Bazillus des Abdominaltyphus eine Länge von 2—3 μ und eine Dicke von 0,6—1 μ; der Bazillus der Tuberkulose ist 2—5 μ lang und 0,5 μ dick, der Cholerabazillus ist etwa 1,5 μ lang und 0,3—0,5 μ dick. Durch das von PAPPENHEIM untersuchte Filter würden Eier von *Oxyuris vermicularis*, welche 27—30 μ dick sind (bei 50—55 μ Länge) ungehindert hindurchgehen, wahrscheinlich auch Eier von *Taenia solium* (32—34 μ) und von *Taenia mediocanellata* (36 μ lang, 30—32 μ breit); Eier von *Botriocephalus latus* (70—84 μ lang, 48—56 μ breit) aber wohl nicht mehr. Eier von Eingeweidewürmern sind schon gelegentlich im Trinkwasser aufgefunden worden. Den Cholerabazillus hat KOCH im Wasser der sogenannten Tanks in Indien gefunden. Filtration solchen Wassers würde also keinen Schutz gewähren. Nur die Filter aus Porzellanmasse lassen selbst jene kleinsten Bazillen nicht durch. Aber durch sie filtrirt Wasser nur unter sehr hohem Druck und dann auch nur so langsam, dass ihre Anwendung im großen nicht durchführbar ist.

Zweiundvierzigste Vorlesung.

Vergiftungen durch Speisen, Genussmittel und andre Gebrauchsgegenstände.

Vergiftung durch Bleiglasuren. — Durch Kupfergeschirr. — Durch eiserne Kochtöpfe. — Durch Umhüllungen und Zusätze. — Giftige Spielwaren. — Vanillevergiftung. — Arsenvergiftung durch Tapeten und Kleider. — Nahrungsmittelgesetz.

Vergiftung durch Bleiglasuren.

376. Ehe ich die hygienische Betrachtung der Nahrungs- und Genussmittel verlasse, muss ich noch die Fälle besprechen, in welchen zu an sich vollkommen unschädlichen und tadellosen Stoffen giftige Substanzen hinzutreten und erörtern, wie man diese Gefahren vermeidet. Es ist schon betont worden, dass Wasser schädlich werden kann durch Bleiröhren; wir haben auch gesehen, dass Mehl schädliche Stoffe enthalten, dass Bier oder Wein durch Zusätze giftiger Substanzen gesundheitsgefährlich werden kann. Verfälschungen mit schädlichen Stoffen können natürlich auch bei andern Nahrungs- und Genussmitteln vorkommen. Häufig aber erfolgt die Verderbnis auch erst bei der Zubereitung der Nahrungsmittel zu Speisen.

Wir wollen hier zunächst einen Blick werfen auf die Koch- und Aufbewahrungsgeräte. Das Kochen geschieht entweder in irdenen oder metallenen Geschirren. Das gewöhnliche irdene Geschirr ist zu porös, als dass man darin kochen könnte. Für manche Zwecke ist diese Porosität erwünscht z. B. bei Blumentöpfen, oder in etwas geringerm Grade bei den sogenannten Alkarazzas oder Kühlkrügen, in welchen das Wasser wegen der fortwährenden Verdunstung an der Oberfläche kühl erhalten wird. Sollen aber Flüssigkeiten wie Milch u. s. w. in solchen Geschirren aufbewahrt oder gar gekocht werden, so müssen dieselben mit einer Glasur versehen werden. Steingut und Porzellan sind Abarten des irdenen Geschirrs, welche sich von dem ordinären dadurch unterscheiden, dass die Materialien einer viel höhern Temperatur beim Brennen ausgesetzt werden, so dass sie teilweise zusammenschmelzen, verglasen, und dadurch wasserdicht werden. Das, was wir unter dem Namen Steingut kaufen, kann nicht zum Kochen gebraucht werden, da es beim Erhitzen springt. Porzellan ist zu teuer, wird deshalb nur ausnahmsweise benutzt,

wie z. B. das früher in der Berliner kgl. Porzellanmanufaktur unter dem Namen Gesundheitsgeschirr dargestellte. In den chemischen Laboratorien wird Kochgeschirr aus Porzellan vielfach gebraucht, in den Küchen wendet man es zuweilen auch zur Bereitung einzelner Speisen an, z. B. zum Backen von Mehlspeisen.

Auf dem irdenen Kochgeschirr wird die Glasur zuweilen nur innen, zuweilen aussen und innen angebracht. In der Regel werden diese Glasuren aus einer Mischung von Bleiglanz (einem wegen seines Metallglanzes auch als Streusand Verwendung findenden Erz, Schwefelblei) mit Lehm (Thonerde und Sand) bereitet. Das beim Erhitzen entstehende Aluminiumbleiglas schmilzt, weil es leichtflüssig ist, schon bei sehr niedrer Temperatur. Das ist wichtig, weil die ordinäre Irdenware selbst keine sehr hohe Temperatur aushält. Der Glasfluss schmilzt auf dem Geschirr auf und bildet an dessen Oberfläche einen dünnen, glasigen Überzug. Wenn wir daher ein solches Geschirr zerbrechen, finden wir einen sogenannten irdenen Bruch, während die halb oder ganz geschmolzene Masse des Steinguts bzw. Porzellans einen glasigen Bruch zeigt.

Unter den Metallen, welche leicht flüchtige, schon bei niederer Temperatur schmelzbare Silikatverbindungen bilden, die sich als glasiger Überzug auf dem Thon ablegen können, steht Blei allen andern voran. Die verschiedenen Metallsilikate sind nicht bei gleicher Temperatur schmelzbar. Die schwerer schmelzbaren sind für die ordinäre Töpferware aus dem angeführten Grunde nicht zu gebrauchen. Wenn solche Bleiglasuren gut und sorgfältig hergestellt werden, sind sie vollkommen unschädlich; sie werden weder durch Essig noch sonstige pflanzliche Säuren, wie sie in den Nahrungsmitteln vorzukommen pflegen, angegriffen. Wenn aber die Glasur schlecht ist, insbesondre, wenn die Mischungsverhältnisse zwischen Bleierz und Lehm nicht richtig getroffen sind, so dass ein Teil des Bleis nicht gehörig mit der Kieselerde verbunden ist, dann ist das Blei in Säuren, selbst in verdünntem Essig leicht löslich. Besonders wenn die Glasur allmählich durch den Gebrauch, wobei das Geschirr heiß und wieder kalt wird, Sprünge bekommt, und wenn bei Bereitung sauerer Speisen die Säure in die feinen Risse eindringt, so löst sie ziemlich viel Blei auf, und das kann genügen, um eine Bleivergiftung herbeizuführen, die sich durch Übelkeit, Erbrechen, Schmerzen im Epigastrium, Kolik, hartnäckige Verstopfung, Mattigkeit äußert. Wenn die Dosen größer sind, können die Störungen noch viel heftiger sein; es stellt sich Lähmung der Extensoren ein, besonders wenn nach fortdauerndem Gebrauch der

schädlichen Geschirre die Vergiftung eine chronische geworden ist. Daraus folgt, dass Glasuren, welche Blei an die Speisen abgeben, verboten werden müssen. Es ist gerade nicht nötig, dass die Glasur bleifrei sei, denn gute Bleiglasuren sind, wie ich schon gesagt habe, unschädlich. Um sich von der Güte der Glasur zu überzeugen, kocht man Essig in dem zu prüfenden Topfe, lässt ihn einige Stunden darin stehen und prüft dann die Flüssigkeit auf ihren etwaigen Bleigehalt. Die Fabrikation solcher Waare muss verboten, feilgehaltenes muss konfiszirt werden. Die Sanitätspolizei hat deshalb die Aufgabe, die Geschirre von Zeit zu Zeit untersuchen zu lassen. Die Durchführung der hygienischen Forderungen würde sehr erleichtert werden, wenn die Töpfer die Glasur nicht selbst bereiten, sondern fertig in richtiger Zusammensetzung aus chemischen Fabriken beziehen würden. Neuerdings werden auch vollkommen bleifreie Glasuren von Wasserglas und Calciumborat hergestellt.

Durch Kupfergeschirr.

377. Zur Herstellung metallener Kochgeschirre dienen hauptsächlich Kupfer und Eisen. Ersteres war früher das beliebteste Material in den Küchen der bessern Haushaltungen. Jetzt ist es, weil teurer, schon vielfach durch das Eisen verdrängt worden. Kupfer ist an und für sich ein ausgezeichnetes Material wegen seiner Zähigkeit und Dauerhaftigkeit. Da aber schon Spuren von Säuren, wie sie sich in den Nahrungsmitteln vorfinden, auch ohne Essigzusatz genügen, das Kupfer anzugreifen und lösliche Salze zu bilden, welche schädlich wirken, so versieht man das Kupfer mit einem Überzug von Zinn, welches unschädlich ist und das Kupfer vor dem Angriff schützt. So lange das Zinn vollkommen rein ist, ist der Überzug im Stande alle Gefahren zu beseitigen; nur wird beim alltäglichen Gebrauch durch Scheuern der dünne Überzug abgerieben und das Kupfer kommt zum Vorschein. Man muss dann das kupferne Gerät neu verzinnen lassen. Wenn aber das Zinn bleihaltig ist, so kommt die besprochene Gefahr der Bleivergiftung in Betracht. Hierauf ist besonders zu achten, weil ganz chemisch reines Zinn nicht leicht zu beschaffen ist Nur das beste englische Zinn und einige schlesische Sorten werden so rein gewonnen, das meiste Zinn aber enthält 1—2 % Blei und dann ist es zu verwerfen. Besonders gefährlich wird dies, wenn die Speisen nicht bloß in den Geschirren gekocht werden, sondern längere Zeit in denselben stehen bleiben. Neben Essig- und andern sauren Speisen können auch Fette, welche oft freie Fettsäuren enthalten, das Kupfer angreifen und zur Bildung giftiger Salze Veranlassung geben.

Neben den Kochgeschirren werden auch Braupfannen, Destillirblasen und die zugehörigen Kühlschlangen, Milchgefäße, Trichter, Apparate zur Fabrikation und zur Aufbewahrung kohlensaurer Wässer und viele andre Gegenstände ähnlicher Art von Kupfer gefertigt. Dieselben sind nicht immer verzinnt. So lange die darin bereiteten oder aufbewahrten Speisen nicht sauer sind, bietet das keine erhebliche Gefahr; bei kohlensauren Wassern sollte freilich auf gute Verzinnung der Apparate und Behälter stets streng gesehen werden. Auch ist darauf zu achten, dass nicht etwa das Lötmaterial, mittels dessen die Kupferteile aneinandergefügt sind, Blei abgeben kann.

Die durch Einwirkung der Speisen auf Kupfer entstehenden Gifte sind hauptsächlich Salze der Essigsäure, Kohlensäure und der Fettsäuren, am häufigsten die ersteren (Grünspan). Wir können auch hier eine akute und chronische Kupfervergiftung unterscheiden. Chronische Kupfervergiftung, welche durch längern Gebrauch schlecht verzinnter Gefäße entstehen könnte, ist selten, während chronische Bleivergiftungen schon häufiger vorkommen.

Durch eiserne Kochtöpfe.

378. Ganz ähnlich liegt der Fall mit den Eisengeschirren. Eisen ist ein so leicht angreifbares Material, dass es nicht möglich wäre, Eisengeschirre zu gebrauchen, ohne schützenden Überzug. — Man nennt solche Geschirre emaillirt. Unter Emaille versteht man in der Technik einen undurchsichtigen Glasfluss. Derselbe ist je nach den Stoffen, aus denen er hergestellt ist, verschieden gefärbt. Meist nimmt man die Emaillirung bei Eisenwaaren nur innen, manchmal aber auch außen vor, zu dem Zweck, ihnen ein schöneres Aussehen zu geben und sie vor dem Rosten zu schützen. Die innere Emaillirung hat den Zweck, zu verhindern, dass die Speisen in chemische Reaktion mit dem Eisen treten. Die gebräuchlichen Emaillen sind Bor-Aluminium- und Bor-Natrium-Silikate. Es kommen aber auch manchmal bleihaltige Emaillen vor, welche zu Bleivergiftungen Anlass geben können. Außerdem kommt in Betracht, dass wenn Risse und Sprünge eingetreten sind, die Speisen zu dem Eisen Zutritt bekommen und Eisensalze sich den Speisen beimischen, welche zwar nicht so gefährlich sind wie die Blei- und Kupfersalze, aber doch Beschwerden erzeugen. Da der einzelne Mensch nicht gut in der Lage ist, sich zu überzeugen, ob das Geschirr zuverlässig ist, so ist es hier ebensowie beim Töpfergeschirr Aufgabe der Sanitätspolizei, das Fabriziren und Feilhalten von derartigen schädlichen Geschirren zu verhindern. Es wird von Zeit zu Zeit nötig sein, Untersuchungen der feilgebotenen Geschirre durch Sachverständige anstellen zu lassen. Die als schädlich befundenen

müssen konfiszirt und der Fabrikant oder Verkäufer muss bestraft werden. Auch solche, welche wider Wissen schädliche Geschirre verkaufen, müssen bestraft werden, damit sie sich eben vorsehen.

Durch Umhüllungen und Zusätze.

379. In ähnlicher Weise können Vergiftungen zu Stande kommen, wenn Konserven in Büchsen aufbewahrt werden, welche mit Blei gelötet oder mit bleireichem Zinn verzinnt sind, oder indem Speisen eingewickelt werden in Staniol, welches einen etwas höheren Bleigehalt hat. Es kommt dies vor bei Schokolade, Käse etc. Besonders die chronischen Bleivergiftungen bedürfen aufmerksamer Beachtung. Soweit dieselben nicht bei Gewerbetreibenden vorkommen, welche in ihrem Gewerbe mit Blei und Bleipräparaten zu thun haben (wovon später noch die Rede sein wird), muss man untersuchen, ob die Kranken mit Speisen oder Genussmitteln Blei aufzunehmen in der Lage waren. Auch durch Schnupftabak kann Bleivergiftung entstehen, da auch dieser zuweilen in Blei oder bleihaltiger Zinnfolie verpackt wird, und durch die dem Tabak beigemischten Saucen das Blei leicht angegriffen wird. Endlich ist noch zu erwähnen das durchaus verwerfliche Reinigen von Flaschen unter Anwendung von Schrotkörnern.

Es kommen dann ferner noch Vergiftungen vor durch Zusätze zu den Speisen, so bei Konditorwaren durch Verwendung von gefärbtem Zucker. Der am häufigsten verwendete Farbstoff, Fuchsin, ist zuweilen arsenhaltig. Früher wurden aus dem Rohanilin die einzelnen Farbstoffe meistens unter Anwendung von Arsensäure dargestellt, und ein Rest derselben blieb in Folge ungenügenden Auswaschens oft der Farbe beigemischt. In neuerer Zeit wird wegen der massenhaften Verwendung des Fuchsins zum Färben von Zucker, Likören u. d. g. das Arsensäureverfahren vermieden. Wenngleich die Arsenmengen in solchen Speisen gering sind, so können sie doch erheblichen Schaden anrichten. Jedenfalls muss streng auf Verwendung ganz unschädlicher Farbstoffe gehalten werden.

Die Farben werden zuweilen nicht bloß benutzt, um den Gegenständen ein schöneres Aussehen zu geben, sondern auch, um die Abwesenheit von Natur gefärbter Stoffe zu verdecken, z. B. um künstlichen Rotwein herzustellen oder künstlichen Himbeersaft aus Wasser, Zucker, Fuchsin und etwas Himbeeressenz. Wir haben schon früher Beispiele kennen gelernt von Verfälschungen, welche gesundheitsschädlich sind und in betrügerischer Absicht, des Gewinnes wegen, gemacht werden. Dieselben sind viel strenger zu behandeln als die aus demselben verwerflichen Grunde gemachten, die Gesundheit nicht gefährdenden Verfälschungen. Doch können wir auch die letzteren

in die Hygiene einbeziehen, insofern sie eine Verminderung des Nährwerts und damit eine Schädigung der Ernährung bedingen. Freilich ist die Grenze sehr schwer zu ziehen; doch sollten jedenfalls die Nahrungsmittelämter, deren Aufgabe es ist, die Zusammensetzung und Güte der Nahrungs- und Genussmittel sowie andrer Gegenstände des Gebrauchs zu untersuchen, die Ausbildung der Untersuchungsmethoden nach beiden Richtungen hin anstreben. Es kann aber nicht meine Absicht sein, hier näher auf die mannigfachen Verfälschungen einzugehen. Übrigens ist die Frage eine äußerst schwierige, so dass es selbst für den geübtesten Chemiker oft nicht möglich ist, genau zu entscheiden, ob künstliche Veränderungen mit einem Nahrungsmittel vorgenommen worden sind oder nicht. Was aber die schädlichen Zusätze anlangt, so ist anzunehmen, dass die Mehrzahl derjenigen, von denen das Publikum sich so viel erzählt, in Wirklichkeit niemals vorgekommen sind, sondern nur in der Phantasie gewisser „Chemiker“ ihren Ursprung haben.

380. Wir können hier gleich anschließen die Anwendung von Giftige Farben bei Gegenständen, welche gerade nicht zum Genuss bestimmt Spielware sind, aber auch zu Vergiftungen Veranlassung geben können, z. B. Spielwaren. Die Gefahr einer Vergiftung ist dabei um so größer, wenn die Farben lose haften und leicht löslich sind. Daher sind Ölfarbenanstriche weniger gefährlich als Wasserfarbenanstriche, denn bei erstern sind die Farben in den Firniß eingerieben, welcher die einzelnen Farbstoffkörnchen mit einer unlöslichen Masse des verharzten Leinöls umhüllt, was bei den Wasserfarben nicht der Fall ist. Am wenigsten löslich sind die Farben, welche man zum Färben von Kautschukspielwaaren benutzt, weil hierbei als Bindemittel in Schwefelkohlenstoff gelöster Kautschuk benutzt wird, der die Farbe durch feste Verbindung mit der Kautschukunterlage ganz unlöslich macht, so dass sie selbst in den Mund genommen (was ja beim Spielzeug kleiner Kinder immer vorkommt) keine Vergiftung bewirkt. Man braucht daher in der Auswahl der Farben weniger streng zu sein, wenn es sich um Kautschukwaren handelt. Bei der Fabrikation des vulkanisirten Kautschuks werden oft auch verschiedene Stoffe (Bleiweiß, Zinkweiß u. s. w.) mit der Kautschukmasse zusammengeknetet. Obgleich es sich dabei um starke Gifte handelt, ist das Verfahren dennoch aus ähnlichen Gründen wie bei den Kautschukfarben nicht zu beanstanden.

Noch gefährlicher als Spielzeug sind Tuschkästen, wenn sie giftige Farben enthalten, da ja die Kinder trotz des Verbots immer

Spielwaren, Tapeten, Ess-, Trink- und Kochgeschirr, sowie das gewerbsmäßige Feilhalten von Gegenständen, welche diesem Verbote zuwider hergestellt sind; endlich das gewerbsmäßige Verkaufen und Feilhalten von Petroleum von einer bestimmten Beschaffenheit. Auch das gewerbsmäßige Herstellen, Verkaufen und Feilhalten von Gegenständen, welche zur Fälschung von Nahrungs- und Genussmitteln bestimmt sind, kann durch Verordnung verboten oder beschränkt werden.

Was das Petroleum anlangt, so handelt es sich bei ihm um Feuergefährlichkeit und Explosionsgefahr. Dasselbe geht uns an dieser Stelle also nichts an. Im Übrigen entspricht der Inhalt des Gesetzes ganz den von uns aufgestellten Grundsätzen. Insbesondre müssen wir es auch für durchaus richtig erklären, dass im Gesetz gleichsam nur ein Rahmen gegeben ist, dessen Ausfüllung dem Verordnungswege vorbehalten ist. Denn die Mannigfaltigkeit des Gegenstandes und der fortwährende Wechsel, welcher durch Neuerungen in der Technik veranlasst wird, macht es ganz unmöglich, alle Einzelnheiten durch Gesetz festzustellen und den fortwährend sich ändernden Bedingungen des Verkehrs auf dem Wege der Gesetzgebung zu folgen. Vorausgesetzt muss übrigens werden, dass auch die Verwaltungsbehörde von ihrem Verordnungsrecht einen mäßigen, auf das wirklich Notwendige sich beschränkenden Gebrauch macht, damit die Gesundheit geschützt, Handel und Verkehr aber nicht unnütz belastet werden. Übrigens sind alle solche Verordnungen (nach § 7 des Gesetzes) nachträglich dem Reichstag vorzulegen und, falls dieser es verlangt, wieder außer Kraft zu setzen.

Zu der für die Ausführung dieses Gesetzes notwendigen Überwachung des Verkehrs bedarf die Polizei sachverständiger Chemiker, welche aber noch nicht überall vorhanden sind. Es sollten daher überall vom Staat oder von den Gemeinden Nahrungsmittelämter errichtet werden. Aber auch der einzelne Mensch muss sich zu schützen suchen und nicht alles der Polizei anheimstellen. Und ganz besonders der Arzt muss mit den Gefahren vertraut sein, denn wenn er in Fällen von akuten Vergiftungen geholt wird oder wenn bei chronischen Vergiftungen die Leute an einer Krankheit leiden, von der man nicht weiß, was sie ist, so kann er, wenn er diese Verhältnisse nicht kennt, eine genaue Diagnose nicht stellen. Je vertrauter er dagegen mit ihnen ist, desto leichter wird ihm die Erforschung der Krankheitsursache sein, die dann auch zur Abstellung des Übels führt.

Dreiundvierzigste Vorlesung.

Schädlichkeiten der Beschäftigung.

Hygienische Verhältnisse der Beschäftigung. — Übermäßige Anstrengung. — Frauen- und Kinderarbeit. — Beschäftigungsneurosen. — Druckwirkungen. — Hitze, Kälte, Nässe. — Mechanische Verletzungen. — Unfallversicherung und Unfallverhütung. — Fabrikeninspektoren.

Hygienische Verhältnisse der Beschäftigung.

384. Während wir bisher Verhältnisse betrachtet haben, welche für alle Menschen nahezu gleichmäßige Anforderungen der Wohlfahrt voraussetzen, muss ich jetzt Ihre Aufmerksamkeit auf solche lenken, welche in der Gesellschaft, wie sie sich im Laufe der Jahrtausende herausgebildet hat, mannigfacheUnterschiede aufweisen. Ein jeder Mensch muss im wesentlichen dieselbe Nahrung aufnehmen, dieselbe Luft atmen, wenn er gesund bleiben soll. Bei der Arbeit aber, zu deren Betrachtung ich jetzt komme, sind die Verhältnisse ungemein verschieden. Während der Eine der allzugroßen Last der Arbeit unterliegt, wird vielleicht ein Andrer krank, weil er zu wenig thut. Dieser ist gezwungen, sich mit starken Giften abzugeben, Jener leidet unter den Unbilden der Witterung, ein Dritter ist der strahlenden Wärme des Feuers ausgesetzt — kurz gesagt, wir müssen uns nach der Art der Beschäftigung jedes einzelnen Menschen umsehen, um zu erfahren, ob in ihr besondre Schädlichkeiten liegen, und müssen untersuchen, wie man denselben abhelfen kann.

Von Vielen wird bei der Erörterung dieser Fragen die Aufgabe einseitig gefasst, indem sie nur von den Handarbeitern und besonders denen, welche in Fabriken beschäftigt sind, allein sprechen. Darum wird dieser Teil der Hygiene häufig auch als Arbeiter-, Gewerbe- oder Fabrik-Hygiene bezeichnet. Aber diese Bezeichnungen decken sich keineswegs. Auch ist die Arbeit nicht auf jene Menschen allein beschränkt. Wer allein im Schweiße seines Angesichts sein Stückchen Acker bearbeitet oder als Tagelöhner Dienste thut, verdient gleichfalls unsre Aufmerksamkeit; nicht minder aber auch der geplagte Schulmeister oder der Stubengelehrte, der sich durch zu vieles Sitzen Krankheiten zuzieht.

Ich will deshalb, um einen ganz allgemeinen, möglichst alle Fälle umfassenden Ausdruck zu gebrauchen, von der Beschäftigung

Kinder in früher Zeit zum Verdienst anzuhalten und in Fabriken zu schicken. Der Staat ist aber gleichsam der Obervormund, der die Kinder schützen muss auch gegen den Willen der Eltern, was freilich auch seine Schattenseiten hat, da er nicht in der Lage ist, den Eltern den entgangenen Gewinn zu ersetzen. Man darf auch nicht vergessen, dass die Kinder es in den Fabriken nicht am schlimmsten haben, sondern zu Haus oft viel mehr angestrengt und schlechter behandelt werden. Will man nicht ein sehr strenges Polizeisystem einführen, und jeden einzelnen Haushalt stetiger Überwachung unterwerfen, so kann man in dieser Beziehung nicht viel erreichen. Aber der Staat hat jedenfalls ein Interesse daran, dass die Kinder nicht in ihrer Entwickelung gehemmt werden und schwächlich und kränklich bleiben; denn dadurch verlöre er die Möglichkeit, gesunde und kräftige Leute zu haben für den Militärdienst, und die Armenlast würde über Gebühr anwachsen. Aus diesem Grunde muss man dem Staat das Recht zugestehen, sich einzumischen. Auch hat er die Verpflichtung, dafür zu sorgen, dass die von ihm für notwendig erachtete Grenze des Schulunterrichts innegehalten werde, und dass die Kinder im schulpflichtigen Alter, bis 14 Jahren, nicht der Schule entzogen werden. Nach dem bei uns jetzt geltenden Recht dürfen Kinder unter 12 Jahren überhaupt nicht, Kinder von 12—14 Jahren nur außer der Schulzeit zur Fabrikarbeit verwendet werden. Außerdem gibt es noch Beschränkungen für Kinder vom 14. bis zum 16. Jahre, indem für diese nur 6—10 Stunden täglicher regelmäßiger Beschäftigung gestattet sind.

Was die Frauen anlangt, so sind diese natürlich im Durchschnitt schwächer als die Männer; sie bedürfen aber noch besondrer Schonung, besonders zur Zeit der Menstruation, sowie vor und nach der Entbindung. Ganz besonders in letzterer Beziehung wird sehr viel Schaden angerichtet, nicht gerade zumeist durch Fabrikarbeit, indem durch zu große Anstrengung das Entstehen von Uterinkrankheiten gefördert wird. Auch ist eine zu große Anstrengung in den letzten Zeiten der Schwangerschaft für das Kind nachteilig, und es werden durch Eingriffe und Störungen im Zustande der Mutter Keime gelegt zu Krankheiten des Kindes. Sicherlich ist es daher gerechtfertigt, auch für die Frauenarbeit gewisse Beschränkungen einzuführen. Nur erwarte man nicht alles vom Staat, zumal dieser ganz machtlos ist gegenüber der häufig viel härtern Arbeit der Frauen im Hause. Dagegen können Vereine, welche den Frauen Hilfe gewähren in Zeiten der Not, viel nützen. Solche Vereine ins Leben zu rufen, ist eine wichtige Aufgabe; sie werden um so wirksamer sein, wenn sie die

Unterstützung nicht bloß als Wohlthat gewähren, sondern wenn die arbeitenden Frauen durch Beiträge in gesunden Tagen sich ein Recht auf die Unterstützung erwerben.

387. Auch eine an und für sich nicht zu anstrengende Arbeit kann gesundheitsschädigend wirken, wenn sie zu ausschließlich nur einzelne Muskeln oder Muskelgruppen in Anspruch nimmt, oder wenn sie die Menschen zwingt, immer und immer wieder und für längere Zeit eine unnatürliche Haltung oder Lage einzunehmen. Hier wären zu erwähnen die Schädigungen durch sitzende Lebensweise bei Gelehrten oder Handarbeitern, dann die Schädigung bei Grubenarbeitern, welche in den engen Gängen in kauernder Stellung sich halten müssen. Das kann zu Störungen in verschiedenen Organen führen, namentlich durch Stockungen im Blutkreislauf und mangelhafte Anregung der Darmperistaltik, welche durch einen gewissen Grad von Muskelanstrengung des ganzen Körpers wesentlich gefördert wird. Daraus entstehen u. a. Hämorrhoidalerkrankungen mit allen ihren, zum Teil sehr schweren Folgezuständen.

Beschäftigungsneurosen.

Noch viel schlimmere Störungen treten ein, wenn es sich um eine einseitige Anstrengung gewisser Muskeln handelt. Selbst wenn die Anstrengung an sich eine geringe ist, wenn sie aber lange Zeit andauert und in der nämlichen Weise immer wiederkehrt, insbesondre also bei gewissen handwerksmäßigen Verrichtungen, bei denen einzelne Muskelgruppen dauernd in Anspruch genommen werden, tritt sehr leicht eine Störung auf, welche beginnt mit einer steigenden Erregbarkeit der Nerven, die zu den betr. Muskeln gehen, in den höhern Stadien auf die Muskeln selbst übergreift und zuletzt zu vollständiger Lähmung mit Degeneration der überanstrengten Muskelpartien führen kann. In den ersten Stadien handelt es sich also um ein nervöses Leiden. Wir bezeichnen es daher, weil es von der Beschäftigung herrührt als Beschäftigungsneurose. Die häufigste und darum bekannteste derartige Krankheit ist der Schreibkrampf. Er kommt zuweilen bei Schulkindern vor, häufiger bei Erwachsenen, welche viel und anhaltend schreiben müssen. Mitten im Schreiben, in spätern Stadien auch schon beim ersten Anfassen der Feder, kontrahiren sich die Beugemuskeln des Daumens, seltner die Streckmuskeln des Zeigefingers krampfhaft, so dass es dem Kranken unmöglich ist zu schreiben. Die kontrahirten Muskeln schmerzen empfindlich. Im weitern Verlauf treten Krämpfe in den Muskeln des Vorderarms auf, die Hand wird im Handgelenk stark gebeugt; seltner werden die Strecker ergriffen. Ganz ähnliche Krämpfe kommen vor bei Näherinnen, Schmieden,

Feilenhauern, Klavierspielern u. s. w. Wenn diese Neurosen noch nicht sehr hochgradig sind, so genügt ein kurzes Aussetzen der Arbeit, Bewegen in frischer Luft, Gymnastik und Behandlung mit dem faradischen Induktionsstrom zur Heilung. Sind höhere Grade eingetreten, so ist oft die Heilung unmöglich, und es bleibt nichts übrig, als dass das Gewerbe aufzugeben und womöglich ein andres ergriffen wird, welches andre Hantirungen erfordert. In den ersten Stadien des Schreibkrampfes kann man oft helfen, indem man die Leute anleitet, die Federhaltung in andrer Weise zu üben, z. B. die Feder zwischen Zeige- und Mittelfinger zu fassen. Es sind auch Apparate konstruirt worden, welche denselben Zweck erfüllen. Die Fingerhaltung wird z. B. schon eine ganz andre bei Benutzung eines sehr dicken Federhalters oder des sogenannten Schreibbracelets von Nussbaum. Auch ist es gut, wenn sich die Leute bei Zeiten daran gewöhnen, abwechselnd mit der linken Hand zu schreiben. Für Kanzleien wäre das allerbeste die Einführung von Schreibmaschinen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den analogen Neurosen der andern Gewerbe. Einer armen Näherin, bei welcher es gar zur Lähmung der Vorderarmmuskeln gekommen ist, bleibt in der Regel nichts übrig als zu betteln. Gegen solche Übel bei Zeiten Abhilfe zu schaffen, ist deshalb von der größten Wichtigkeit.

Nicht ganz so schlimm, aber doch immerhin sehr beschwerlich sind die Schwächezustände, welche in zu wenig gebrauchten Muskeln eintreten, ebenso in passiv gedehnten bei abnormer Körperhaltung. Gegen alle diese Störungen gibt es nur ein radikales Mittel, nämlich dass die Leute in ihren freien Stunden sich möglichst viel in frischer Luft bewegen oder turnen, um dadurch das Gleichgewicht in ihrem Muskelsystem herbeizuführen.

Druckwirkungen.

388. Wenn auch in physiologischer Beziehung ganz andrer Art, so doch in praktischer sehr ähnlich sind die Störungen, welche in Folge von Druck auf einzelne Körperstellen sich einstellen. Wenn z. B. die Werkzeuge angestemmt werden mit einem selbst nur mäßigen, aber immer auf derselben Stelle wiederkehrenden Druck, so pflegen sich in der Haut Schwielen zu bilden, die wir als eine Art Schutzvorrichtung des Organismus ansehen können. Wenn aber die Haut dünn ist, und unter ihr Knochen liegen, so können sich auch schlimmere Störungen einstellen, so Entzündungen des Periosts, selbst Nekrose des Knochens oder auch sensible Neurosen, welche die Arbeit unmöglich machen. Man findet solche Erkrankungen z. B. bei Arbeitern, welche den Bohrer gegen das Sternum andrücken. In andern Fällen

findet man, dass sich unter den gedrückten Stellen Schleimbeutel ausbilden, die dann als natürliches Polster wirken und die als eine Art Reaktion, als Selbsthülfe des Organismus gegen den äußern Insult als nützlich anzusehen sind.

389. Unter den äußern Agentien, welche bei der Beschäftigung schädlich wirken können, sind zu nennen die abnormen Grade von Hitze, Kälte, Nässe, denen die Arbeiter zeitweise oder dauernd ausgesetzt sind. Selbstverständlich können diese sich zu den Anstrengungen summiren und so erst recht schädlich werden. Bei manchen Gewerben ist es nicht zu vermeiden, dass die Arbeiter sich einer abnormen Temperatur aussetzen z. B. Schmiede, Eisenwerkarbeiter, Gießer, Glasbläser etc. In manchen dieser Fälle komplizirt sich die Sache, indem die Leute nicht bloß bei großer Hitze arbeiten, sondern auch Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Freilich ist die Gewöhnung daran oft sehr beträchtlich und wir sehen nicht selten, wie die Leute wegen der großen Hitze halbnackt arbeiten und so in den Schnee hinauslaufen, was ihnen oft nichts schadet, obwohl auch Erkältungskrankheiten häufig sind. In andern Fällen ist es strahlende Wärme, welche in der Haut Reaktionen hervorruft. Bräunung durch entstehende Pigmentflecken, entzündliche Prozesse im Corium können hierdurch entstehen. Denjenigen, welche empfindlich gegen die Einwirkung sind, bleibt nichts übrig, als die Arbeit ganz auszusetzen. Die Abhilfe wird in vielen Fällen darin bestehen, die Leute ohne Schädigung der Arbeit möglichst vor der strahlenden Wärme zu schützen. Das geschieht bei dem Fortschreiten der Technik in vielen Zweigen dadurch, dass man nicht mehr in der primitiven Weise arbeitet, sondern die Hitze ausstrahlenden Apparate durch passende Schutzvorrichtungen von dem Arbeitsraum trennt oder dass man z. B. den Schmelzofen in die Tiefe versenkt und die Arbeiter oben auf einer Erhöhung stehen lässt, wo sie sich in einer mäßig temperirten Umgebung befinden. Summirt sich die Hitze mit einer ganz besonders feuchten Luft, so können sehr leicht jene Störungen auftreten, welche wir als Wirkungen der Überhitzung des Körpers kennen gelernt haben und welche eventuell zum Hitzschlag führen können, wenn alle Momente zusammenkommen, hohe Temperatur und schwere körperliche Arbeit. Ein Beispiel bieten die schon erwähnten Arbeiten bei Tunnelbauten. Beim Mont-Cenis-, noch mehr beim Gotthardtunnel machte sich das bemerklich; in dem Maße, als man sich dem Zentrum des Tunnels näherte, steigerte sich die Temperatur und die Feuchtigkeit, mit welchen die Felsen erfüllt waren, aus denen

Hitze, Kälte Nässe.

das Wasser so herausrieselte, dass es in Gestalt eines kleinen Baches abgeleitet werden musste. Ebenso wie die strahlende Wärme kann auch das von glühenden Massen ausgehende Licht Schaden für die Augen herbeiführen; ich werde an einer spätern Stelle ausführlich von der Beleuchtung sprechen und begnüge mich deshalb hier nur mit dieser Andeutung und der Bemerkung, dass in andern Fällen wiederum der Mangel an Licht schädlich ist.

Viel weniger gefährlich ist abnorme Kälte, denn wir sehen, dass selbst in ganz kalten Wintern die Leute auf dem Feld und im Freien ihrer Arbeit nachgehen, ohne Schaden zu nehmen. Während bei der Hitze sich die Schädlichkeit der Temperatursteigerung durch Arbeit zugesellt, wird bei Kälte die Arbeit umgekehrt als Schutzmittel wirken. Anders ist es, wenn durch die Verhältnisse gezwungen die Leute in der Kälte aushalten müssen ohne körperliche Arbeit zu thun, wie Wachtposten etc. Diese werden unter Umständen durch die Kälte leiden und soweit man sie nicht schützen kann durch genügende Bekleidung, besonders der Füsse, soweit man es ihnen nicht gestatten kann, durch Anzünden von Feuer Hilfe zu schaffen, wird man größerer Gefahren gewärtig sein müssen. Dass dagegen mäßige Kälte, gegen welche man sich noch genügend schützen kann, auf lange Zeit ohne Schaden ertragen werden kann, ja dass sie etwas erfrischendes, kräftigendes hat, dass Leute, welche ihr sich aussetzen, sich sehr wohl fühlen, wie Jäger etc. ist bekannt.

Was die Nässe allein anlangt, so kommt es bei einzelnen Arbeitern vor, dass sie bis an die Hüften oder Schultern in Wasser arbeiten müssen. Solche ziehen sich sehr häufig schwere rheumatische Erkrankungen zu. Wo irgendwie die Möglichkeit besteht, die Arbeiter durch wasserdichte Stoffe vor der direkten Durchnässung zu schützen, sollte von diesem einfachen Mittel stets Gebrauch gemacht werden.

Mechanische Verletzungen.

390. Zu diesen Schädlichkeiten gesellen sich noch als allgemeine d. h. solche, die häufig und bei vielen Arten von Beschäftigung auftreten können, die mechanischen Verletzungen, welche durch unvorsichtiges Handhaben der Werkzeuge und andre Unglücksfälle namentlich an den Maschinen sich ereignen. Was die Unfälle, wie sie zum Unterschied von andern Schäden, die mit der Arbeit als solcher verbunden sind, genannt werden, anlangt, so ist die Scheidung zuweilen schwer oder willkürlich. Wenn z. B. ein Feuerarbeiter in Folge der Einwirkung der Strahlung Schaden an seinem Sehvermögen erleidet, so bezeichnet man das als eine Gewerbekrankheit.

Wenn dagegen eine kleine Masse des heißen Körpers sein Auge trifft, so nennt man es einen Unfall. In jedem Fall aber muss man alles versuchen, solche Unfälle wennmöglich zu verhindern. Das kann man in den meisten Fällen erreichen durch zweckmäßige Schutzvorrichtungen, welche der Natur der Arbeit und der gebrauchten Maschinen angepasst werden müssen. Es lassen sich daher nur schwer und nur innerhalb eines gewissen Umfangs allgemeine Regeln aufstellen. Die einzelne Anordnung kann immer nur an Ort und Stelle nach Einsicht in alle Einzelnheiten des Betriebs und von Einem, der mit demselben hinlänglich vertraut ist, in zweckmäßiger Weise getroffen werden. Wenn z. B. in einer Holzbearbeitungsfabrik die Leute sich verletzen, indem sie beim Andrängen des Holzes gegen die Kreissäge mit der Hand an die Säge kommen, so wird dagegen ein Schutz geschaffen, wenn man die Säge mit einem Gehäuse umgibt, welches nur eine Mündung von der Größe hat, dass man eben das Holz einschieben kann. Wenn es sich darum handelt, dass bei schneller Rotation Teile von Maschinen fortgeschleudert werden können, so muss die größte Sorgfalt in der Befestigung der einzelnen Teile angewandt werden. Wenn es vorkommt, dass in einer Fabrik Leute verunglücken dadurch, dass Teile ihrer Kleidung oder die Zöpfe der Mädchen zwischen die Maschinenteile geraten und die Menschen hineingezerrt werden, so wird man wiederum für passende Verkleidung der Maschinenteile sorgen, andrerseits aber auch nicht dulden dürfen, dass die Arbeiterinnen mit herunterhängenden Zöpfen oder Schürzenbändern die Arbeit verrichten, man wird überhaupt die Arbeitskleidung zweckmäßig und passend einzurichten haben. Wenn Feuerarbeiter beschädigt werden können dadurch, dass kleine Funken fortspringen, welche Brandwunden bewirken, so wird durch passende Bedeckung Schutz zu suchen sein. Ganz besonders gefährdet sind natürlich die Augen, und da diese auch geschützt werden müssen vor zu grellem Licht, so empfiehlt sich das Tragen von Schutzbrillen, die entweder nur aus Drahtgeflecht bestehen oder noch besser aus Glimmer, welcher in ganz dünnen Lagen in ein gewöhnliches Brillengestell eingespannt ist in Gestalt einer gewölbten Fläche und welcher vermöge seiner Elastizität, Unverbrennbarkeit und Unzerbrechlichkeit einen guten Schutz gewährt. Sehr zu empfehlen ist die von einem Breslauer Fabrikanten empfohlene Einrichtung, dass zwei ganz dünne Platten von Glimmer mit einer Schicht von blauem Farbstoff dazwischen das Brillenglas ausmachen, wodurch neben dem mechanischen Schutz zugleich Schutz vor dem grellen Licht gewährt wird.

Unfallversicherung und Unfallverhütung.

391. Wo trotzdem ein Unfall vorkommt, ist es nicht mehr als billig, dass die davon Betroffenen bzw. ihre Wittwen und Waisen entschädigt werden. Um diese Entschädigung sicher zu stellen, ist bekanntlich in Deutschland durch Reichsgesetz die Unfallversicherung wenigstens für eine gewisse Kategorie von Arbeitern vorgeschrieben. Es gehört diese Frage eigentlich nicht mehr ins Gebiet der Hygiene, sondern ist rein nationalökonomischer Art; aber sie berührt unser Gebiet insofern, als wir das lebhafteste Interesse haben müssen, dass nicht bloß Leute, wenn sie verunglückt sind, oder deren Kinder entschädigt werden, sondern dass womöglich zweckmäßige Einrichtungen getroffen werden, um Unfälle zu verhüten. Dies wird nur dann mit Erfolg erzielt werden können, wenn der Arbeitgeber, von dem ja allein die Einrichtung in den Fabriken abhängt, neben dem allgemein menschlichen auch ein hohes pekuniäres Interesse daran hat, solche Unfälle zu verhüten. Wenn der Unternehmer weniger zu zahlen hat für ab und zu vorkommende Unfälle als für Vorrichtungen zur Verhütung von solchen, dann wird er leicht dazu verführt, die letztern zu vernachlässigen. Ich halte es deshalb für das Richtigste, dass man dem Unternehmer die Last der Haftung auferlegt für alle Schäden und ihn verantwortlich macht für alle Kosten, welche aus den Unfällen entstehen. Wenn dadurch die Kosten des Betriebes größer und in Folge dessen der Unternehmergewinn kleiner wird, so ist das durchaus zu rechtfertigen. Denn die Sorge für die Erhaltung der Gesundheit gehört eben mit zu den Betriebskosten und muss daher von dem Unternehmer getragen werden. Der sorgsame und intelligente Unternehmer wird dann schon in seinem eignen Interesse dahin streben, die Schutz- und Vorbeugungsmaßregeln möglichst zu verbessern. Sein Unternehmergewinn wird dadurch größer werden als der eines weniger sorgsamen und weniger intelligenten Konkurrenten, und das ist ganz in der Ordnung. Was aber für uns die Hauptsache ist, der Trieb zur Verbesserung der Schutzvorrichtungen wird dadurch angeregt und die Zahl der Unfälle wird vermindert, und das ist es ja gerade, was wir anstreben.

Die hier vorgetragenen Grundsätze sind in dem geltenden deutschen Unfallversicherungsgesetz leider nicht durchgeführt. Erstlich ist vorgeschrieben, dass für die ersten 13 Wochen einer durch einen Unfall verursachten Krankheit bzw. Erwerbsstörung die Krankenkassen die Unterhaltung des Verletzten zu übernehmen haben. Zu dieser Kasse werden aber Beiträge von den Arbeitern selbst erhoben, was auf eine Erleichterung der Unternehmer hinausläuft. Zweitens

werden die noch verbleibenden Kosten der Unfallversicherung nicht von dem einzelnen Unternehmer getragen, sondern von den sogenannten Berufsgenossenschaften d. h. Verbänden von gleichartigen oder ähnlichen Gewerbebetrieben. In diesen Verbänden muss deshalb der sorgsame Unternehmer mithaften für Unfälle, welche ein andrer, minder sorgsamer verschuldet hat. Dadurch wird der Antrieb, gute Schutzvorrichtungen anzubringen, in hohem Grade verringert.

392. Um die Befolgung der Fabrikordnungen sowie aller vom Staat durch Gesetz oder auf dem Verordnungswege erlassenen Vorschriften sicher zu stellen, ist es durchaus notwendig, dass eigene Behörden eingesetzt werden, denen gewisse Vollmachten gegeben werden und denen die Überwachung aller Gewerbebetriebe übertragen wird. Es handelt sich dabei um Ausübung von Polizeifunktionen; aber die gewöhnlichen Polizeiorgane sind dazu nicht genügend befähigt. Es bedarf zur guten Durchführung der vorliegenden Aufgaben solcher Männer, die wennmöglich aufgewachsen sind in der Mitte der Industrie oder sich die genaue Kenntnis aller, oft sehr verwickelten Verhältnisse später erworben haben. Man bezeichnet die mit diesem Geschäft betrauten Beamten als Fabriken-Inspektoren oder Gewerberäte. Das Institut dieser Aufseher ist hochentwickelt und hat sich von großem Nutzen erwiesen in England, während es bei uns sich erst in den Anfängen seiner Entwickelung befindet. Wir haben deren zu wenig, in ganz Bayern z. B. nur zwei (seit kurzem drei), so dass es den Beamten durchaus nicht möglich ist, an Ort und Stelle Einsicht von den Verhältnissen zu nehmen. Im übrigen Deutschland kommen auch noch die größten Ungleichheiten vor, so dass z. B. das kleine aber gewerbreiche Sachsen viel mehr Inspektoren hat als ganz Preußen. Die Forderung weiterer Anstellung solcher Beamten ist mehrfach gestellt worden und ist sehr gerechtfertigt. Solche Inspektoren haben zu sorgen für Vorkehrungen, dass Unfälle und Gefahren möglichst abbestellt werden, sie haben auf Erlass, Überwachung und Durchführung von Fabrikordnungen zu sehen, sie müssen Vermittler zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer sein und werden Ratschläge geben können für etwaige Verordnungen und Gesetze.

Fabrikeninspektoren.

Vierundvierzigste Vorlesung.

Staub- und Gas-Krankheiten. Schädlichkeit der Fabriken nach aufsen.

Staubkrankheiten. — Abhilfe durch Ventilation. — Fabrikation der Bronzefarben. — Schutz durch Respiratoren. — Schädliche Gase. — Schädliche Dämpfe. — Einfluss auf die Vegetation. — Belästigung durch Gestank. — Feste Abfallstoffe. — Abwässer.

Staubkrankheiten.

393. In sehr vielen Gewerben wird Staub in großen Mengen entwickelt, welcher, indem er in der Luft schwebt, teils eingeatmet wird, teils im Mund sich ablagert und dann verschluckt werden kann. Wieweit dadurch Schaden angerichtet wird, das hängt natürlich ab von der Natur des Staubes, welcher in den verschiedenen Gewerbebetrieben ganz verschiedener Art sein kann. Bei manchen handelt es sich um Staub, welcher mineralischer Natur ist und die verschiedenste Zusammensetzung haben kann z. B. Eisenteile bei Feilenhauern, Gesteinstaub beim Behauen der Mühlsteine, beim Zerkleinern von Mineralien. Die Eisenteile, welche beim Feilenhauen abgesplittert werden, sind ziemlich grob und fallen schnell wieder zu Boden, so dass die Luft nur wenig verunreinigt wird. Dagegen entwickelt das Anschleifen der Spitzen an Nähnadeln einen außerordentlich feinen Staub, so dass die Luft immer davon erfüllt ist, trotzdem er aus dem spezifisch schweren Eisen besteht. Bei Steinhauern, welche Mühlsteine behauen, besteht der Staub aus groben mineralischen Bestandteilen, beim Reinigen von Bettfedern, Baumwolle und vielen andern Gewerben handelt es sich um pflanzlichen oder tierischen Staub, der aus kleinen geformten Bestandteilen besteht. Das Reinigen der rohen, in gepresstem Zustande verschifften Baumwolle z. B. geschieht entweder durch Schlagen und Klopfen mit der Hand oder durch Maschinen, wobei ein feiner Staub aus beigemengtem Sand und andern Unreinigkeiten, Resten der noch an den Baumwollfäden hängenden Samen und Bruchstückchen der Fäden selbst entsteht. Wieder in andern Fällen, z. B. in Mühlen, handelt es sich um Staub, der aus einzelnen Stärkekörnchen und andern Pflanzenteilen besteht. Diese Massen können entweder unlöslicher Natur sein oder löslich. Wenn letzteres der Fall ist, dann wird es sehr darauf ankommen, ob die Lösungen, welche in der Mund-

höhle oder in den Bronchien und Alveolen entstehen, zu unschuldigen oder zu giftigen Lösungen führen. Die unlöslichen Körper können mechanisch durch Reizungen der Schleimhaut schädlich werden. In der That finden wir fast bei allen Staub entwickelnden Gewerben, dass die dabei beschäftigten Arbeiter viel an Katarrhen leiden. Je nach der Feinheit des Staubes dringt er mehr oder weniger tief ein, grobe Massen bleiben in der Mundhöhle liegen oder gelangen vielleicht bis in die Trachea; feinere Massen dringen bis in die Alveolen vor. Sind die Teilchen spitz und hart, wie die beim Schleifen der Nadeln entstehenden Splitter, welche unter dem Mikroskop betrachtet selbst als winzige Nadeln erscheinen, so können sich dieselben mechanisch in die Gewebe einbohren und ziemlich tief eindringen. Das geschieht aber auch mit andern, wo man diese mechanische Erklärung nicht geben kann. So dringt der Tabakstaub bei der Schnupftabakfabrikation oder beim Spinnen der Tabaksblätter zum Rollentabak so tief ein, dass man bei der Sektion die Lungen eines solchen Arbeiters ganz durchsetzt findet von der dunkelbraun gefärbten Substanz. Dadurch entsteht ein eigenartiges Aussehen der Lungen, welches unter dem Namen der Tabaklunge beschrieben worden ist. Man findet die Staubteilchen auch in den Bronchialdrüsen, wohin sie verschleppt worden sind und liegen bleiben. Vielleicht tragen zu dieser Verschleppung die wandernden Lymphkörperchen bei. Ganz ähnliches findet sich bei andern Gewerben, bei Arbeitern in den Kohlenbergwerken, Steinhauern u. s. w., so dass man von Eisenlungen, Kohlenlungen, Steinlungen u. s. w. spricht, je nach der Natur des in den Lungen abgelagerten Materials. Am ehesten wurde man auf diese Verhältnisse aufmerksam bei den Arbeitern in den Steinkohlengruben, deren schwarze Lungen ja sehr auffallend sind. Neben den Katarrhen, mit welchen das Leiden beginnt, sind Entzündungen, Emphysem, zuletzt Phthise nicht seltene Folgen der Staubinhalation. Selbst wenn die abgelagerten Massen ganz unlöslich sind, so dass sie nur durch rein mechanische Verletzung Katarrhe bewirken, sind sie doch in hohem Grade schädlich. Man hat nachweisen können, dass bei den betreffenden Arbeitern im Verhältnis zu andern Menschen viel häufiger Lungenkrankheiten auftreten, welche die Lebensdauer verkürzen. Besondere Aufschlüsse haben wir über diese Punkte bekommen durch die von den Lebensversicherungsgesellschaften angestellten Erhebungen. Wir können aus den auf diesem Wege ermittelten Zahlen mit großer Genauigkeit ersehen, welches die wahrscheinliche Lebensdauer eines Menschen in jedem Gewerbe ist, und gewinnen so eine Einsicht, in welchem Grade

eine gewisse Beschäftigung lebenverkürzend d. h. gesundheitswidrig wirkt.

Abhilfe durch Ventilation.

394. Natürlich ist der Staub nur eine von den mannigfaltigen Schädlichkeiten, welche auf die Arbeiter einwirken. Daneben können auch die eine oder die andre, von uns in der vorhergehenden Vorlesung besprochenen oder auch andre, noch zu besprechende, mitwirken. Immerhin ist Staub als solcher, eben wegen der fortwährenden Reizung der Respirationsschleimhaut, etwas so Nachteiliges, dass wir uns mit aller Energie nach Maßregeln umsehen müssen, denselben zu beseitigen oder den von ihm verursachten Schaden zu verhüten. Derartige Maßregeln können entweder allgemeiner Art sein, auf den Betrieb des Gewerbes sich beziehend, oder individueller Art, indem sie den Schutz des einzelnen Arbeiters bezwecken. Was die erste Kategorie anlangt, so kann in einzelnen Fällen der Gewerbebetrieb so geändert werden, dass kein Staub entwickelt wird. Das kann z. B. geschehen durch Zuhilfenahme von Wasser, welches den Staub niederschlägt. Dies geschieht im großen z. B. in Pochmühlen, wo Erz zerstampft wird. Manchmal ist aber dieses Hilfsmittel unanwendbar, weil die Gegenstände, welche zerkleinert werden sollen, das Durchnässen nicht vertragen. Wir müssen dann nach andern Hilfsmitteln suchen. Das beste ist immer zweckmäßig geleitete Ventilation. Dabei sind die allgemeinen Grundsätze zu berücksichtigen, welche wir früher schon entwickelt haben (Vorl. 19—21). Jedoch muss die Ventilation stets den speziellen Verhältnissen angepasst werden. Da der Staub immer besteht aus Partikelchen, welche an und für sich spezifisch schwerer sind als die Luft und die Neigung haben zu Boden zu sinken, so wird eine Ventilation, welche darauf abzielt, Staub zu entfernen, nur dann zweckmäßig wirken, wenn sie dieser Neigung des Zubodensinkens der Partikelchen zu Hilfe kommt und das Absetzen befördert. Daraus folgt unmittelbar, dass der Luftstrom von oben nach unten gerichtet sein muss. Wäre er umgekehrt gerichtet, so würde er erst recht den Staub in die Höhe wirbeln. Wenn es sich um die Entwicklung von Staub innerhalb von Apparaten und an bestimmten Stellen handelt z. B. bei Zerstampfung von Substanzen in Mörsern oder Zerreibung zwischen Mühlsteinen, so wird die zweckmäßigste Abführungsmethode die sein, den Ventilationsstrom so zu leiten, dass er aus dem Zimmer an dem Apparat vorbei nach außen geführt wird. Wir können als Beispiel eine Industrie betrachten, welche darin besteht, dass Metalle in allerfeinstes Pulver verwandelt werden.

395. Diese Industrie ist auch in unsrer Stadt, noch mehr aber in unsrer Nachbarstadt Fürth zahlreich vertreten. Es ist die Herstellung von Bronzefarben. Echte Goldbronze besteht aus puderartig fein verteiltem Gold. Das Gold wird in langen Streifen gegossen, diese durch Hämmern und Walzen zu feinen Platten ausgeschlagen. Die so erhaltenen Bleche werden erst zwischen Pergamentblättern und zuletzt zwischen Lagen von Goldschlägerhaut (Serosa des Rinderdarms) mit Hämmern zu jenen äußerst feinen Blättchen ausgeschlagen, welche man als Blattgold kennt. Soweit hat die Arbeit nur wenig hygienisches Interesse, abgesehen davon, dass der Lärm des Hämmerns gerade nicht angenehm für die Nachbarschaft ist. Deshalb sind auch solche Gewerbe konzessionspflichtig und ihre Neuanlage wird nur in angemessener Entfernung von bewohnten Stadtteilen gestattet. Außer dem ächten Blattgold wird auch unächtes hergestellt aus Legirungen, welche dem Gold möglichst ähnlich sind. Die aus Kupfer und Zink gegossenen Barren werden ebenso wie das Gold ausgeschlagen, die ganz dünnen Plättchen zunächst grob zerstampft, dann in geschlossenen Zylindermörsern noch feiner pulverisirt und zuletzt in Mahlwerken in allerfeinstes Pulver verwandelt. Die verschiedenen Farben, welche die Bronzen zeigen, werden durch passendes Erhitzen (Anlassen) des Metalls erzeugt, einige auch durch Färbung mit Anilin. Obgleich die Stampf- und Mahlwerke bis auf die unbedingt notwendigen Durchlassöffnungen der Stößer und Axen der Mahlsteine möglichst gut schließend gemacht werden, dringt der feine Staub doch durch die engen Ritzen in die Fabrikräume, setzt sich auf Kleidern, Haaren, Haut ab. Die Gefahren für die Arbeiter sind in diesem Gewerbe nicht so groß, wie bei vielen andern Staubarten. Das liegt daran, dass ein chemisch sehr wirksames Gift hier nicht vorhanden ist und bei der feinen Verteilung des Staubs seine mechanische Einwirkung auch nur eine geringe ist. Trotzdem erzeugt der Staub bei Leuten mit reizbaren Schleimhäuten immerhin sehr heftige Katarrhe und zwingt sie zuweilen zum Aufgeben der Arbeit.

Fabrikation der Bronce-farben.

Wenn man verschiedene Fabriken dieser Art besucht, so wird man große Unterschiede in der Beschaffenheit der Luft finden. Wo eine gute Ventilation eingerichtet ist, findet man ganz reine Luft. Man kann selbst die Thüren in den einzelnen Mörsern öffnen, ohne dass viel Staub herauskommt. Bei denjenigen Apparaten, welche an der Wand des Arbeitsraums stehen, kann man den Staub am besten beseitigen, wenn man dicht *hinter* jeden Stampfzylinder einen Kanal nahe dem Fußboden durch die Mauer macht und die Luft durch

Maschinen absaugen lässt. Bei den frei im Saal stehenden Apparaten lässt man die Luft durch einen unter dem Stampfzylinder beginnenden, aus einem einfachen Blechrohr bestehenden Kanal absaugen. Die frische Luft muss an einem hochgelegenen Punkt hineintreten, so dass sie sich senkt, unten den Raum verlässt und so den Staub mitführt. Es ist in dieser Beziehung schon viel gebessert und man sieht immer mehr ein, dass das eigene Interesse der Arbeitgeber mit dem hygienischen Hand in Hand geht. Der Staub kann nämlich hinter dem Abzugskanal wieder aufgefangen, einem Schlemmprozeß unterworfen und weiter verwendet werden, so dass die Kosten der Anlage reichlich gedeckt werden.

Schutz durch Respiratoren.

396. Die persönlichen Schutzmittel gegen Staub bestehen darin, dass man vor Mund und Nase passende Auffangapparate anbringt. So sehen wir ja, dass die Stößer in Apotheken, wenn sie scharfe, reizende Substanzen zu stoßen haben, ein Tuch vor Mund und Nase binden. Dieses einfache Mittel kann unter Umständen modifizirt werden; wenn es möglich ist, das Tuch anzufeuchten, wird es noch feinere Staubteile zurückhalten können. Wenn aber der Staub sehr fein ist, wird er doch zwischen den Lücken hindurchgehen, da diese ja groß genug sein müssen, um genügend Luft zum Atmen durchzulassen. Besteht der Staub aus Eisenteilchen, so kann man einen guten Schutz dadurch bewirken, dass man ein Drahtgitter vor Mund und Nase anbringt, das den Durchtritt der Luft frei gestattet, aber die Eisensplitterchen zurückhält, wenn man es aus magnetisirtem Stahldraht macht. Es wird dabei von Zeit zu Zeit notwendig werden, die Splitterchen abzubürsten und den Magnetismus zu kräftigen, weil sonst die Maschen zwischen den Drahtfäden nach und nach verstopft werden würden. Derartige Schutzvorrichtungen sind so ganz von der Natur des Staubes abhängig, dass weitere Regeln nicht gegeben werden können. Es muss nur darauf aufmerksam gemacht werden, dass vor allen Dingen der Arzt sich über die in seinem Wirkungskreis vorhandenen gewerblichen Anlagen Kenntnis verschaffen und mit der Art ihres Betriebs möglichst vertraut machen muss. Die technologischen Kenntnisse, welche dazu gehören, kann man sich teilweise aus Büchern verschaffen, hauptsächlich aber durch Besichtigung der Anlagen selbst. Eine solche Kenntnis der Technologie ist für den Arzt ganz besonders wertvoll dadurch, dass es ihm für die Erkennung und Behandlung solcher Krankheiten sehr nützt, wenn er die Umstände kennt, unter denen die Patienten leben. Es erhöht aber auch das Vertrauen der Leute zum Arzt, wenn sie sehen, dass er ihre

Verhältnisse kennt, während sie umgekehrt Unkenntnis von Dingen, welche ihnen natürlich ganz geläufig sind, nicht begreifen können und darum leicht Mistrauen schöpfen. Aber der Arzt kommt auch oft in die Lage, Gutachten über die Schädlichkeit eines Gewerbetriebs und über die Zweckmässigkeit einer Verbesserungsmaßregel abgeben zu müssen. Und dass dieses nur auf der Grundlage wirklicher Sachkenntnis geschehen soll, versteht sich ja von selbst.

397. Dasselbe, was vom Staub und dessen zweckmäßiger Entfernung gilt, gilt auch für die Entwicklung schädlicher Gase. Dieselben können der verschiedensten Art sein, je nach der Natur der Gewerbe. Wir haben schon von den am häufigsten vorkommenden schädlichen Gasen gehandelt, wie H_2S, CO etc. (S. Vorl. 16 u. 17) Es ist mir ganz unmöglich, alle die Gase aufzuzählen, welche unter Umständen bei Gewerbebetrieben auftreten können. Es sind manchmal bei kleineren Gewerbebetrieben nur geringe Mengen, welche sich in der Luft schnell verteilen und so verdünnt werden, dass sie keinen erheblichen Schaden anrichten. In andren Fällen aber sind die Gasmengen so erheblich, dass sie nicht nur die Luft in den Arbeitsräumen in schädlicher Menge erfüllen, sondern auch außerhalb derselben den Umwohnern lästig fallen. In der Unzahl von chemischen Fabriken z. B. die alle voneinander in ihren Betrieben abweichen, können bald diese, bald jene Gase auftreten. Es ist da viel schwieriger sich zu orientiren, weil der Einblick in den Fabrikbetrieb sehr erschwert ist. Fast jeder Fabrikant hat oder glaubt irgend ein Geheimnis des Betriebs zu besitzen, dessen Geheimhaltung er sorgsam bewacht, und er sieht es daher ungern, wenn ein Fremder sich bei ihm umsieht. Gegen den Arzt wird man jedoch am wenigsten mistrauisch sein. Nur einzelne Beispiele müssen auch hier genügen. Wir finden, dass in vielen Betrieben sich gasige Produkte entwickeln z. B. wenn der Gelbgießer seine Waren abbrennt oder beizt. Beim Gießen und bei der Bearbeitung im Feuer bildet sich eine Kruste von oxydirten Substanzen, welche fortgebeizt wird. Man taucht deshalb das erwärmte Stück in eine Säuremischung, welche die Oxyde auflöst. Dieselbe besteht aus Schwefel- und Salpetersäure (seltner Salzsäure) mit verschiedenen Zusätzen und wird in verschiedenen Konzentrationen und mit verschiedenen Zusätzen teils kalt, teils warm benutzt. Dabei entwickelt sich salpetrige Säure und Untersalpetersäure, welche Glottiskrämpfe und Husten veranlasst und bei häufigerer Einwirkung Katarrhe des Atmungsapparats bewirkt. In ähnlicher Weise wirken schweflige Säure, welche z. B. zum Bleichen oder zum Schwefeln

Schädliche Gase.

des Hopfens benutzt wird, Chlorwasserstoffsäure und in hohem Grad Chlor. Letzteres Gas erzeugt sehr heftige Katarrhe der Luftwege; wenn es in etwas größerer Menge eingeatmet wird, Krampf der Stimmritze und selbst plötzlichen Tod. In geringen Mengen längere Zeit eingeatmet bewirkt es eine Kachexie; die Leute sehen blass und elend aus und altern früh. Wieder in andern Gewerbebetrieben hat man es mit Ammoniak zu thun. In den Walkmühlen für Tuche wird das rohe Tuch mit Hämmern gewalkt unter Zusatz von Flüssigkeiten, welche das Fett auflösen, in der Regel faulen Urins. Da riecht es dann nicht bloß unangenehm, sondern die Luft zeigt durch den eigentümlichen stechenden Geruch die Gegenwart von Ammoniak an. Längerdauernde Einwirkung so geringer Mengen erregt gleichfalls chronische Katarrhe, während größere Mengen heftige Erstickungsanfälle erzeugen. In den Sodafabriken entwickelt sich Chlorwasserstoffsäure in großer Menge; diese füllt dann alle Räume und würde sehr schädlich sein nicht bloß für die Arbeiter, sondern auch für die Umgebung, wenn sie nicht beseitigt würde. Dies geschieht dadurch, dass man sie durch Woulf'sche Flaschen mit Wasser leitet und Salzsäure herstellt. Dasselbe ist in großem Maße der Fall bei der Schwefelsäurefabrikation. Die Salzsäure ist aber, weil sie als Nebenprodukt in großen Mengen gewonnen wird, sehr lästig und es ist schwer durchzusetzen, dass sie ganz absorbirt wird, selbst wenn man sie durch 20—30 Flaschen hintereinander leitet. Das Wasser wird damit gesättigt und man muss neue Flaschen aufstellen. Das erhöht die Kosten bedeutend und deswegen suchen die Fabriken sie entweichen zu lassen und in einen sogenanten Absorptionsturm zu leiten, wo die Säure durch Koks oder durch herabrieselndes Wasser gebunden wird. Wenn schließlich trotzdem noch nicht alle Gase gebunden sind, so sollen die letzten unresorbirten wenigstens durch einen hohen Schlot in die höheren Schichten der Atmosphäre entleert werden, wo sie durch den Wind bald zerstreut werden und der Umgebung nicht schaden.

Schädliche Dämpfe.

398. Um auch ein Beispiel von schädlichen Dämpfen anzuführen, erinnere ich an den Schwefelkohlenstoff. In den Fabriken, in welchen er dargestellt wird, sowie bei seiner Verwendung entweicht dieser sehr flüchtige Körper massenhaft in die Luft. Schwefelkohlenstoff findet Anwendung zur Herstellung von Kautschukwaren, unter anderm auch zum Vulkanisiren des Kautschuks. Dieses geschieht im großen durch Ineinanderarbeiten von pulverisirtem Schwefel und dem zerkleinerten Kautschuk, indem das Gemenge in geschlossenen

Retorten der Hitze ausgesetzt wird. In kleinem Maße kann es aber auch geschehen unter Anwendung von Schwefelkohlenstoff. Ferner wird der Schwefelkohlenstoff benutzt wegen seiner Fähigkeit fette Öle aufzulösen, um aus ölhaltigen Gegenständen die Öle auszuziehen. So gewinnt man aus den ölhaltigen Samen das Öl statt durch Auspressen durch Extraktion mit Schwefelkohlenstoff, oder man extrahirt das Öl aus Gegenständen, um dieselben wieder brauchbar zu machen, z. B. Putzlappen zum Putzen von Maschinen, während die extrahirten Öle als Schmieröle wieder Verwendung finden. Bei der großen Flüchtigkeit des Schwefelkohlenstoffs ist es nicht zu vermeiden, selbst bei geschlossenen Gefäßen, dass aus den kleinen Öffnungen der Dampf entweicht. Da schon geringe Mengen Kopfweh, Übelkeit, Erbrechen bewirken, während das langdauernde Einatmen kleiner Menge allmählich zu völliger Zerrüttung der Körper- und Geisteskräfte führt, so kommen Vergiftungen sehr oft vor. Wenn ein Arbeiter unvorsichtig ist oder ein Apparat schadhaft wird oder platzt, so kommt es auch leicht durch Einatmen etwas größerer Mengen zu akuten Vergiftungen. Es ist auch zu beachten, dass Schwefelkohlenstoff mit Luft ein sehr explosives Gemenge bildet.

Handelt es sich um solche Gase, welche besonders giftig sind und schon in kleinen Mengen intensiv wirken, z. B. gasförmige Arsenverbindungen, so ist die Gefahr noch größer. Abhilfsmittel müssen dem Fabrikbetrieb angepasst sein und der Natur des einzelnen Gases entsprechen. Es kommt dabei ein Gesichtspunkt in Betracht, der sowohl für das Wohl der Arbeiter als auch der Umgebung von der größten Wichtigkeit ist. Des schädlichen Staubs in den Fabrikräumen kann man sich durch Ventilation entledigen, wobei man den Staub niederschlagen und wieder nutzbar machen kann. Wenn man aber schädliche Gase durch Ventilation aus Fabrikräumen entfernt, statt sie chemisch binden oder absorbiren zu lassen, so entsteht die Frage, ob die Gase nicht außerhalb wieder Schaden anrichten können. Freilich werden sie wohl, besonders wenn sie durch hohe Ventilationsschlöte in die höheren Teile der Atmosphäre gebracht werden, dort durch den Wind verteilt und eventuell bis zur Unschädlichkeit verdünnt werden. Aber verlassen können wir uns darauf nicht immer. Wir werden deshalb die daraus entstehende Gefahr immer im Auge behalten müssen.

399. Diese Betrachtung veranlasst mich, die weitere Besprechung der Arbeitererkrankungen zu unterbrechen und einige Bemerkungen einzuschalten über die Gefahren, welche durch gewerbliche Einfluss auf die Vegetation.

Anlagen für die Umwohner oder auch unter Umständen für ganz entfernt Wohnende herbeigeführt werden. Ich habe auf Einzelnes schon gelegentlich aufmerksam gemacht, so das Einfliessen von schädlichen Fabrikwässern in Flüsse, das Vorkommen schädlicher Gase in der Luft. Da es sich aber um eine der wichtigsten Aufgaben der Gewerbe-Hygiene handelt, will ich noch Einiges darüber nachtragen.

Schädliche Gase, welche bei einem Fabrikbetriebe in größerer Menge entstehen, können sich in der Umgebung der Arbeitsstätten in so hohem Grad ansammeln, dass sie den Aufenthalt von Menschen sehr erschweren und auch dem Pflanzenwachstum schaden. Wenn man in die Nähe des Ortes Ocker im Harz kommt, ist man überrascht von dem trostlosen Aussehen der ganzen Gegend. Kein Baum und kein Strauch ist zu erblicken, nicht einmal ein grüner Grashalm. Die Ursache liegt in der Entwicklung schwefliger Säure, welche beim Rösten der schwefelhaltigen Eisenerze entsteht. Dasselbe Gas entwickelt sich bei vielen andern Gewerbebetrieben. Die Schädigung wird wesentlich verringert, wenn die Gase durch hohe Schlöte in die höhern Schichten der Atmosphäre hinaufgeleitet werden. Es kommt dann eine so starke Ansammlung nicht zu Stande, denn die Winde, welche dort viel freier wehen, verdünnen und verteilen die Gase. Dieselben werden aber mit dem Regen heruntergewaschen, besonders wenn sie leicht löslich sind, so dass wir im Regenwasser schweflige Säure, Salpeter- und salpetrige Säure, Ammoniak, Salzsäure etc. fast immer vorfinden. Es zeigt sich dabei häufig eine Erscheinung, die als Symptom wichtig ist: Man findet nämlich auf den Blättern der Bäume und Sträucher kleine Flecke, an denen das Pflanzengewebe abgestorben ist. Achtet man genau darauf, so sieht man, dass die Flecke immer an Stellen vorhanden sind, welche unter dem Rande eines höher stehenden Blattes sich befinden. An diesen Stellen werden die Blätter immer wieder von den Tropfen benetzt, welche von den überliegenden Blättern herabfallen, während die andern Teile des Blattes durch die oberen Blätter geschützt werden. Ist die Einwirkung eine stärkere, so stirbt zuletzt die Pflanze ab. Dadurch wird aber nicht nur der Besitzer der Pflanzen in seinem Vermögen geschädigt, sondern die betreffenden Gase sind in der Regel auch solche, die von Menschen nicht ohne Schaden geatmet werden können. Wenn dieselben auch in der Verdünnung, in welcher sie meist vorhanden sind, nicht gerade direkt akute Erkrankungen bewirken, so werden sie doch häufig sehr lästig, wenn auch nur dadurch, dass die Umwohner

verhindert werden, ihre Fenster zu öffnen und ihre Wohnungen so, wie es wünschenswert ist, zu lüften.]

400. Diese letztere Bemerkung gilt ganz besonders für die Gewerbebetriebe, welche Gestank erzeugen; selbst wenn die Emanationen an sich nicht gesundheitsgefährlich sind, so sind sie aus dem angegebnen Grunde indirekt schädlich. Dieser Fall findet sich besonders häufig bei solchen Gewerben, welche mit der Bearbeitung organischer Substanzen sich befassen, wobei sie dieselben nicht selten einer teilweisen Zersetzung aussetzen, z. B. beim Aufstapeln von Knochen, Häuten, Därmen von geschlachteten Tieren. Wir müssen dabei unterscheiden zwischen Fabrikanlagen, in welchen zuweilen sehr bedeutende Mengen solcher fäulnisfähiger Stoffe zum Zweck der Bearbeitung aufgestapelt sind, und den Händlern, welche die Gegenstände in kleinen Partien (z. B. Knochen bei den Köchinnen, Felle und Därme bei den Schlächtern) aufkaufen und an die Fabriken abliefern. Es ist dabei gar nicht zu vermeiden, dass sich Zersetzung einstellt, die man zwar durch Einsalzen etc. zu vermindern sucht, aber doch nicht gänzlich verhindert. Solche Gewerbebetriebe müssen in die Klasse der konzessionspflichtigen gerechnet werden und dürfen nicht mitten in bewohnten Stadtteilen etablirt werden. Man muss sich aber sehr hüten, die Anforderungen nicht allzuhoch zu schrauben, weil man oft dadurch mehr schadet als nützt. Man muss vielmehr in jedem einzelnen Fall prüfen, wie weit man darin gehen darf. Große Fabrikanlagen dieser Art, z. B. Knochenmühlen, welche aus den Knochen das Fett durch Extraktion oder Auskochen gewinnen, die entfetteten Knochen auf Leim verarbeiten und schließlich Knochenmehl zu Düngerzwecken herstellen, müssen in der Regel auch große Lagerplätze haben, auf denen die Substanzen bis zur Weiterverwendung lagern. In solchen Fällen ist es der Sanitätspolizei möglich, darauf zu dringen, dass alle Vorrichtungen getroffen werden, welche die schädliche Zersetzung möglichst verhindern. Sie kann die Leute zwingen, indem sie passende Vorschriften in die Konzessionsbedingung aufnimmt und durch Beaufsichtigung für Einhaltung derselben sorgt, dass die Massen in gut gelüfteten Räumen lagern, in denen sie schnell trocknen, dass sie vor Durchnässung geschützt werden, dass sie desinfizirt und die Abwässer in zweckmäßiger Weise abgeführt werden. Wenn aber die Anforderung gestellt wird, dass solche Fabriken nur in sehr großer Entfernung von der Stadt liegen sollen, dann wird es den kleineren Sammlern, die in den Häusern herumgehen und dort die Knochen aufkaufen, sehr schwer, dieselben sofort an die Fabriken abzuliefern.

Belästigung durch Gestank.

Dann bilden sich kleine Winkelniederlagen, mitten in den bewohnten Quartieren ohne die nötigen Vorsichtsmaßregeln; dann liegen die Knochen, bis eine Fuhre davon zusammengebracht ist, in Winkeln auf engen Höfen oder gar in den Wohnhäusern selbst. Und es leuchtet ein, dass solche Winkellägerchen viel gefährlicher werden können als die großen Lager. Ich habe dieses Beispiel nur darum etwas ausführlicher besprochen, um Ihnen an demselben darzuthun, wie gerade die Rigorosität der Aufsichtsbehörden, welche in wohlmeinender Absicht zuweilen in einen Industriebetrieb störend eingreifen, unabsichtlich neue Schäden schaffen kann, von denen es mindestens zweifelhaft bleiben wird, ob sie nicht größer sind, als diejenigen, welche abgestellt werden sollten.

Feste Abfallstoffe.

401. Sehr mannichfaltig sind die Übelstände, welche durch die festen Abfälle der verschiedenen Gewerbebetriebe hervorgerufen werden. Besonders lästig können solche Abfälle werden, wenn sie in großen Massen aufgestapelt werden, die nachträglich unter Einwirkung des Sauerstoffs und der Feuchtigkeit der Luft sich zersetzen und schädliche Substanzen entwickeln. Hier gilt das schon früher gesagte, dass die einzige Abhilfe, welche alle Anforderungen zu befriedigen im Stande ist, im Fortschritt der Technik, in der Verwendung dieser Stoffe besteht. Ein lehrreiches Beispiel hierfür liefert die schon früher einmal erwähnte Sodafabrikation. Bei dem auch jetzt noch fast ausschließlich geübten Verfahren von Leblanc gewinnt man Soda (Natriumkarbonat), indem man Kochsalz zunächst durch Behandlung mit Schwefelsäure in Natriumsulfat verwandelt, wobei sich Salzsäure entwickelt, und dieses sodann mit Kalkstein und Kohle erhitzt. Die schwefelhaltigen Rückstände, welche in der Nähe der Fabriken oft zu hohen Bergen aufgehäuft werden, entwickeln zumal bei heißem Wetter große Mengen von Schwefelwasserstoff; kommt Regen- oder andres Wasser mit ihnen in Berührung, so nimmt dieses Schwefelcalcium auf und vergiftet alle Brunnen und Wasserläufe, in welche es hineingelangt. Jetzt wird der Schwefel aus diesen Rückständen gewonnen, indem man die Schwefelcalciumverbindungen in lösliche Form überführt, auslaugt und aus der Lösung durch Salzsäure niederschlägt.

Auch bei Darstellung des Eisens im Hochofen sammeln sich ungeheure Mengen von Schlacken, die durch ihre Zersetzung bedeutende Schäden hervorgerufen haben und deren Beseitigung auf keine Weise möglich war. Jetzt kennt man verschiedene Arten der Schlackenverwertung. Entweder wird sie gleich bei ihrer Entstehung

in Wasser geleitet, wobei sie in feine Splitter zerfällt, welche unter dem Namen Glaswolle Verwendung finden, teils wegen ihres geringen Wärmeleitungsvermögens als Packmaterial, um Wasserreservoire, Wasser- oder Dampfkessel einzuhüllen, teils zur Herstellung von Ziegeln. Die phosphorhaltigen Rückstände der Eisenerze, namentlich aber die bei der Stahlbereitung nach dem Thomasverfahren gewonnenen phosphorreichen Schlacken sind wertvolle Düngemittel.

Es würde zu weit führen, wollte ich derartige Beispiele häufen; ich müsste, um den Gegenstand zu erschöpfen, fast die ganze Technologie durchnehmen. Das Angeführte wird aber genügen, den aufgestellten Satz zu erhärten: Was technische Verwendung findet, ist hygienisch weniger gefährlich, als was abfällt. Was dagegen nicht verwendet werden kann und meilenweit fortgeführt werden oder erst einer chemischen Prozedur unterworfen werden muss, damit es unschädlich werde, oder was als unnützer Ballast in Schutthalden aufgestapelt wird, kann oft sehr erheblichen hygienischen Schaden anrichten.

Wir müssen also, da wir nicht im Stande sind, die Schäden ganz zu vermeiden, hoffen, dass uns die Fortschritte der Technik zu Hilfe kommen. Bis dahin müssen wir uns oft mit weniger wirksamen Abhilfmaßregeln begnügen. Deswegen dürfen wir aber nicht auf unsrer Forderung der möglichsten Vermeidung hygienischer Schäden verzichten. Denn diese Forderung übt einen Druck auf die Techniker aus, welcher sie zu Anstrengungen zwingt, die Abfälle unschädlich zu machen. Und so regt wieder die Hygiene technische Fortschritte an, welche ohne sie vielleicht noch lange auf sich hätten warten lassen.

Noch auf einen Punkt muss ich aufmerksam machen. Man hat die Fabrikabfälle zuweilen benutzt zu Terrainaufschüttungen bei Anlage neuer Straßen zum Zweck der Stadterweiterung. Wenn dann auf solchem Boden später Häuser gebaut werden, können die größten Schäden entstehen. Es ist daher stets große Vorsicht nötig und immer erst die Natur des Materials genau festzustellen, ehe man diese Art der Verwendung gestattet.

402. Was von den festen Abfällen gesagt ist, passt vielfach auch Abwässer.
auf die flüssigen, die sogenannten Abwässer der gewerblichen Anstalten. Um auch hierfür ein Beispiel zu geben, will ich kurz auf die Abwässer der Gasanstalten eingehen. Das Leuchtgas wird gewonnen durch Verkokung von Steinkohlen, Holz, fetten Ölen etc. Wenn man Steinkohle in geschlossenen Retorten erhitzt, so entweichen haupt-

sächlich Kohlenwasserstoffverbindungen, CH_2 und CH_4, die flüchtigen Produkte, welche nachher kondensirt werden und den Teer bilden, außerdem Wasserdampf, Schwefelverbindungen, Ammoniak, endlich Kohlenoxyd. Dieses Gemenge wird einer Reinigung unterworfen, indem das Gas, ehe es im Gasometer gesammelt wird, durch verschiedene Apparate geht, in denen zunächst die flüchtigen, aber nicht gasförmigen Producte in Gestalt von Theer und sogenannten Theerwasser sich absetzen. Der Theer liefert das Rohmaterial für eine ausgedehnte Industrie, insbesondre auch zur Darstellung des Anilins und der verschiedenen Anilinfarben. Aus diesen Verdichtungsapparaten wird das Gas in die Reinigungsapparate übergeführt, in welchen es hauptsächlich Schwefelwasserstoff und Kohlensäure absetzt. Zu dieser Reinigung benutzt man Ätzkalk und Eisensulfat oder Eisenoxydhydrat (Raseneisenstein), welche den Schwefelwasserstoff und die Kohlensäure binden. Das Theerwasser sowohl wie die übrigen Waschwässer enthalten viel Ammoniak und Ammoniakverbindungen. Dieses Ammoniakwasser hat man bei den ersten Anlagen von Gasanstalten in offenen Gräben oder in Röhren fortgeführt irgendwohin in Flüsse, Teiche etc., und, wenn man eine solche passende Gelegenheit nicht hatte, in Gruben und ließ es versitzen. Dabei ging Ammoniak in die Gewässer und in die Atmosphäre über. In dem Maße, als sich die Gasanstalten vergrößerten und die Bevölkerung wuchs, wurden Klagen laut über die Verpestung der Luft. Es wurden die Gasanstalten dann gezwungen, feste Kanäle einzurichten, die das Wasser abführten, aber immer noch wurde es in Flüsse geleitet und wirkte dort schädlich; schließlich war guter Rath teuer, bis man endlich allgemein dahin gelangt ist, die Ammoniaksalze aus den Gaswässern darzustellen, entweder gleich in der Gasanstalt selbst, oder in besonderen chemischen Fabriken, welche die Ammoniakwässer abholen oder in Röhren zu ihren Anstalten hinleiten, um sie dort zu verarbeiten.

Fünfundvierzigste Vorlesung.

Gewerbliche Gifte. Der Phosphor.

Darstellung des Phosphors. — Phosphorzündhölzer. — Akute Phosphorvergiftung. — Roter Phosphor. — Schutzmittel gegen die Vergiftung. — Regeln für das Verhalten der Arbeiter.

403. Unter den technisch verwerteten Stoffen sind einige von besonders starker Giftigkeit, so dass sie häufiger als andre zu akuten oder chronischen Vergiftungen Anlass geben. Diesen Schädlichkeiten sind am meisten ausgesetzt Arbeiter, welche jene Stoffe darstellen oder welche sie bei ihrem Gewerbe benutzen, aber auch andre Menschen, welche zuweilen auf schwer nachweisbaren Wegen die Gifte aufnehmen. Einzelne Beispiele hierfür haben wir schon bei der Besprechung der Nahrungs- und Genussmittel kennen gelernt (s. Vorl. 42). Hier will ich jetzt eine Reihe von Stoffen, welche viel gebraucht werden und dabei sehr giftig sind, noch besonders besprechen. Ich fasse dieselben unter dem Namen gewerbliche Gifte zusammen. Von einzelnen derselben war schon früher die Rede. Von diesen soll denn hier nur dasjenige nachgetragen werden, was sich auf ihre gewerbliche Verwendung bezieht und was deshalb zum Verständnis der gewerblichen Erkrankungen nötig ist.

Darstellung des Phosphors.

Wir wollen uns zunächst mit dem Phosphor beschäftigen. Der Phosphor wird bekanntlich aus Knochen (in geringeren Mengen auch aus phosphorreichen Mineralien) dargestellt. Zu diesem Zweck werden die Knochen zuerst gebrannt, wobei sich sehr übelriechende Gase entwickeln, das Calciumphosphat der Asche durch Schwefelsäure zersetzt, die Lösung eingedampft, mit Holzkohlenpulver vermischt und über Feuer getrocknet. Die so erhaltene Masse wird aus thönernen Retorten destillirt, die abziehenden Dämpfe über Wasser geleitet. Es entweicht Wasserdampf, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff, später Kohlenoxyd und Phosphorwasserstoff, welcher sich an der Luft entzündet, während der zugleich übergehende Phosphordampf sich in den Vorlagen verdichtet und in das Wasser fällt, auch zum Teil in den Retortenhälsen sich ansetzt. Der so gewonnene Rohphosphor wird dann in Wasser von 50—60 geschmolzen und durch Leder oder Steinplatten filtrirt, oder auch mit Sand vermischt und dann aus Retorten

sächlich Kohlenwasserstoffverbindungen, CH… …am Schluss wird
Produkte, welche nachher kondensi… …n und durch Auf-
außerdem Wasserdampf, Sch… …che unter Wasser auf-
Kohlenoxyd. Dieses Ge…
dem das Gas, ehe es … allerlei Gefahren bestehen, so
dene Apparate geb… …wenig bekannt. Die Phosphor-
förmigen Product… …beschränkt. Auch über die Fabrikation
wasser sich ab… …Phosphorverbindungen ist hygienisch wenig zu
ausgedehnte…
und der ve…
apparate…
welche…
Zu di…
oxy…
K…

sagen.

404. Um so bedeutsamer ist die Verwendung des Phosphors, namentlich die zur Herstellung der Phosphorzündhölzer. Dieselbe geschieht in der Weise, dass man den in feine Stängchen zerlegten Hölzern einen Zündkopf gibt durch Eintauchen in eine mit Phosphor angerührte Latwerge. Diese wird gewöhnlich noch mit Stoffen versetzt, welche sie färben und der Masse etwas Rauhigkeit mitteilen. Solche Mischungen bestehen z. B. aus Sand oder Glaspulver, Kaliumchlorat, Bleiglätte, Gummischleim etc. Namentlich bei Verwendung von Kaliumchlorat können bei der Herstellung der Zündmasse leicht Explosionen und in Folge dessen Verbrennungen oder auch Feuersbrünste entstehen. Diese Zusätze sollen die Entzündbarkeit durch leichte Reibung erhöhen; sie sind aber nicht unbedingt notwendig und sollten daher besser unterbleiben.

Damit die Entzündung des phosphorhaltigen Zündkopfes an einem fertigen Streichhölzchen auch auf das Holz übergreift, muss letzteres entweder mit einer leicht entzündlichen Masse (Stearin, Wachs) getränkt sein, oder auch, wie das früher ganz allgemein geschah und auch jetzt noch vielfach geschieht, man befestigt zwischen dem Holz und dem Phosphor eine Zwischensubstanz z. B. Schwefel, welcher durch gelindes Erwärmen flüssig erhalten, beim Eintauchen des Hölzchens an demselben haftet. Das fertige Zündholz besteht also aus dem Hölzchen mit Schwefelüberzug und einem Kopf aus Phosphor. Jede Substanz entzündet sich durch Verbindung mit Sauerstoff nur bei einer bestimmten Temperatur. Wenn man Holz erwärmt, so wird endlich der Punkt kommen, wo die Verwandtschaft mit dem Sauerstoff der Luft die Entzündung bewirkt. Man bezeichnet diese Temperatur als die Entzündungs-, diejenige, bei welcher lebhaftes Brennen mit Flamme eintritt, als Entflammungs-Temperatur. Die Entzündungstemperatur des Phosphors liegt sehr niedrig, so dass schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur eine langsame Verbrennung stattfindet, wobei phosphorige Säure entsteht,

welche mit dem Wasserdampf der Luft die bekannten Nebel bildet. Durch die hierbei erzeugte Wärme kann eine größere Phosphormasse auch in lebhafteres Brennen geraten. Das ist auch der Grund, warum man den Phosphor immer unter Wasser aufbewahren muss. Entzündet man den Phosphorkopf eines Zündhölzchens, so wird nicht genug Wärme produzirt, um Holz bis zur Entflammungstemperatur zu erwärmen, wohl aber Schwefel. Erst durch die Entzündung des Schwefels wird wieder genug Wärme erzeugt, um das Holz zu entzünden. Ist jedoch das Holz mit einer leichter entzündlichen Masse imprägnirt, so kann man den Schwefel entbehren.

Eine so bequeme Art, Feuer zu entzünden, ist natürlich sehr angenehm im Vergleich zu der beschwerlichen frühern Art mit Stahl und Zündschwamm. Wir können uns daher nicht verwundern, dass letztere durch die Phosphorzündhölzer gänzlich verdrängt worden ist. Bei einem Artikel, der so massenhaft verbraucht wird, bildeten sich allerorten schnell Fabriken, welche zahlreiche Arbeiter und Arbeiterinnen beschäftigen. Aber diese Fabrikation ist für die darin beschäftigten Arbeiter mit großen Gefahren verbunden. Die Herstellung der Phosphorlatwerge birgt nicht nur die schon erwähnte Explosions- und Feuergefahr, sondern es entweichen auch aus der auf 50° erwärmten Masse phosphorhaltige Dämpfe, welche von den Arbeitern eingeatmet werden. Noch mehr ist dies bei dem Eintunken der Hölzer in die Latwerge der Fall. Zu diesem Behuf werden die Hölzchen auf Brettchen, die mit Rinnen versehen sind, ausgebreitet, die Brettchen übereinander gestapelt und in einem Rahmen durch Schrauben festgeklemmt. Die Brettchen sind so schmal, dass die Hölzchen, wenn der Rahmen auf dem Tisch aufgestoßen wird, an der einen Seite alle hervorragen. Mit diesen Rahmen werden die Hölzchen erst in den Schwefel und dann in die Phosphorzündmasse getaucht. Letztere ist dabei auf einer glatten, horizontal liegenden Stein- oder Glastafel in dünner Schicht ausgebreitet. Bei dieser Hantierung sind deshalb die Arbeiter, sowohl diejenigen, welche die Latwerge machen, als besonders die, welche das Eintauchen besorgen, fortwährend den Phosphordämpfen ausgesetzt.

Akute Phosphorvergiftung.

405. Abgesehen von der dadurch bei Arbeitern auftretenden Vergiftung geben auch die fertigen Zündhölzer durch ihren Phosphor zu Vergiftungen Anlass. Gerade der allgemeine Gebrauch der Phosphorzündhölzer hat dazu geführt, dass dieses Gift zu Selbstmorden und verbrecherischen Zwecken benutzt wird. Wenn auch häufig der sehr auffallende Geruch und Geschmack die verbrecherische Absicht noch

rechtzeitig vereiteln, so kommen doch immer einzelne Vergiftungsfälle vor. 10—15 Zentigramm genügen, den Tod eines Menschen herbeizuführen. Die Symptome der akuten Vergiftung sind: lebhafter Durst; Aushauchen nach Knoblauch riechender Dämpfe, welche im Dunkeln leuchten, aus Mund und Nase; Übelkeiten, heftiges Erbrechen mit Entleerung schleimiger und galliger Massen, zuweilen auch von Blut; heftige Bauchschmerzen, Kolik; allgemeine Schwäche; Ameisenkriechen, Muskelkrämpfe, zuweilen heftiges Kopfweh; bleiche Gesichtsfarbe. Am 2. Tage stellen sich Schmerzen in der Lebergegend ein, die Leber schwillt an; Ikterus, Erbrechen schwarzgefärbten Blutes; Ecchymosen in der Haut. Zuletzt erfolgen Delirien, allgemeine Krämpfe, Koma und Tod, meist am 3. Tage. Die Autopsie zeigt entzündliche Schwellung der Magen- und Darmschleimhaut; in der Magen- und Duodenalschleimhaut kleine hämorrhagische Geschwüre, in deren Zentrum oft ein Phosphorpartikelchen liegt; in verschiedenen Organen, besonders in den Nieren, dem Herzen, der Leber fettige Degeneration und kleine Hämorrhagieen.

Ein Teil dieser Symptome lässt sich durch die Annahme erklären, dass der Phosphor im Magen und Dünndarm zu phosphoriger und Phosphorsäure oxydirt wird. So lange der Phosphor mit dem Mageninhalt zusammen im Magen ist, fehlt es an Sauerstoff; wenn aber der Speisebrei in den Darm entleert wird und die Speisen weiter befördert werden, dann bleiben die einzelnen Phosphorkörnchen an der Schleimhaut haften und reißen aus dem Blut den nötigen Sauerstoff zu ihrer Oxydation an sich. Dann bildet sich an der Stelle, wo das Körnchen liegt, eine konzentrirte Lösung der Säure und diese ätzt die Schleimhaut stark an, wodurch der Gastroduodenalkatarrh, die Schwellung der Schleimhaut und der Ikterus hervorgerufen werden. Die Säure kann allmählich tiefer in die Schleimhaut dringen bis in die Gefäßschicht, so dass durch Einwirkung der Säure auf die Blutkörperchen eine Zerstörung derselben bewirkt wird. Der zersetzte Farbstoff und die ins Blut gelangte Säure bewirken dann in allen Organen entzündliche Prozesse und den fettigen Zerfall der Gewebe.

Aber nicht immer wird die Vergiftung in dieser Weise auftreten. Besonders wenn der Phosphor fein verteilt oder gelöst aufgenommen wird, dann können die örtlichen Wirkungen auf der Schleimhaut fehlen. Der Phosphor gelangt dann als solcher ins Blut und wird zum Teil in der Lunge exhalirt. Im Dunkeln kann man dann den Athem leuchten sehen.

406. Ganz anders sind die Wirkungen bei der chronischen Vergiftung, wie sie namentlich bei den Arbeitern der Zündholzfabriken auftritt. Hier kann die Einwirkung Jahre lang fortgehen. Wenngleich die Einatmung der Phosphordämpfe Katarrhe, Bronchitis, Emphysem und asthmatische Beschwerden bewirken kann, auch Digestionsstörungen, Koliken, Cardialgieen und nervöse Leiden wie Kopfschmerz, Gliederschmerzen, Muskelschwäche, Abnahme der geistigen Kräfte nicht fehlen, endlich auch Abmagerung und gelbliche Hautfärbung häufig beobachtet werden — die eigentlich charakteristische Wirkung der chronischen Phosphorvergiftung ist doch die Kiefernekrose. Dieselbe beginnt in der Regel mit Entzündung des Zahnfleischs und Zahnschmerzen, welche an einzelnen Zähnen beginnen und sich über alle Zähne ausbreiten. Der Unterkiefer oder Oberkiefer allein, oder auch beide, schwellen an, werden schmerzhaft und zuletzt nekrotisch, so dass der ganze Knochen, mit Erhaltung des Periosts, zu Grunde geht. Die Regeneration, natürlich ohne Wiederersatz der Zähne, ist zuweilen eine sehr vollkommene. Der Unterkiefer wird öfter befallen als der Oberkiefer.

Chronisc[he] Phospho[r]vergiftun[g]

Man hat angenommen, dass die Nekrose begünstigt wird durch schlechte Zähne, welche den phosphorhaltigen Dämpfen einen direkten Zugang zum Knochen bieten, und hat deshalb diejenigen Arbeiter, welche noch nicht verheilte Zahnlücken haben, von den Fabriken ausgeschlossen. Es ist zweifelhaft, ob wirklich diese Vorbedingung nötig ist und ob nicht die Resorption auf eine andre Weise geschieht. Wahrscheinlich beruht die Wirkung auf die Knochensubstanz darauf, dass bei Anreicherung von Phosphor im Blut die Salze eine andere Zusammensetzung bekommen, dass aus dem gewöhnlichen phosphorsauren Kalk sich saure phosphorsaure Salze bilden, welche leichter löslich sind und eine Zerstörung ermöglichen. Jedenfalls ist das Leiden ein so fürchterliches, und man ist so machtlos dagegen, dass man alles thun muss, um es zu verhüten. Rechnet man dazu die Gefahr, dass sehr oft beim Hantiren mit Zündhölzern Kinder oder unvorsichtige Leute Anlass zu Feuersbrünsten geben, endlich dass gelegentlich beim Anstreichen des Phosphors das Abspringen eines brennenden Phosphorkopfes Brandwunden bewirkt, welche wegen der Wirkung der Phosphorsäure viel schlimmer sind als gewöhnliche kleine Brandwunden, so muss man in der That sagen, dass die Bequemlichkeit des Feueranzündens doch teilweise aufgewogen wird durch hygienische Schäden von so hoher Bedeutung, dass sie zu der Überlegung hindrängen, ob und auf welche Weise diese Schäden zu vermeiden seien.

Roter Phosphor.

407. Die erste Frage ist, ob man den Phosphor der Zündhölzchen nicht ersetzen kann durch minder gefährliche Massen. Man hat verschiedene Massen versucht, welche die leichte Entzündbarkeit mit dem Phosphor teilen. Hauptsächlich sind es Gemenge von sauerstoffreichen Salzen, wie Kaliumchlorat. Es gibt nun in der That solche Massen, die sich schon bei geringer Erwärmung, wie Streichen auf rauhen Flächen entzünden, aber sie haben den Nachteil, dass sie häufig explosiv sind. Das einzige, was die Gefahr zu beseitigen im Stande ist, ist die Einführung der sogen. schwedischen Streichhölzer, welche statt des gewöhnlichen Phosphors den roten Phosphor anwenden. Dieser unterscheidet sich von dem gelben dadurch, dass er viel weniger entzündlich und viel weniger löslich, daher auch viel weniger giftig ist. Dass er ganz unschädlich sei, ist freilich eine falsche Annahme. Aber eben weil er weniger entzündlich ist, muss man gewisse Kunstgriffe benutzen, um brauchbare Zündhölzer zu erhalten. In der Regel ist die Zündmasse dieser Hölzchen ganz ohne Phosphor nur aus sauerstoffreichen Mischungen (z. B. Kaliumchromat mit Glaspulver und Leim) gebildet. Während aber ein gewöhnliches Zündholz auf jeder etwas rauhen Reibfläche entzündbar war, muss man hier eine eigens präparirte Reibmasse haben: Die auf die Reibfläche aufgetragene Masse der schwedischen Zündhölzer enthält roten Phosphor. Beim Streichen bleibt eine ganz dünne Schicht der Reibfläche an dem Köpfchen hängen, entzündet sich und überträgt ihre Wärme auf die Zündmasse, welche wegen ihres Sauerstoffreichtums zur Entzündung derselben ausreicht. Ein Nachteil bleibt es aber immer, dass ein solches Zündholz nicht überall angestrichen werden kann, obwohl es nicht unbedingt nötig ist, dass die Reibfläche roten Phosphor enthält. Mit einigem Geschick kann man ein schwedisches Zündholz auch auf einer jeden glatten Fläche entzünden; aber die Fläche muss sehr glatt sein und man muss das Zündholz mit einem sanften Druck und einer passenden Geschwindigkeit über dieselbe hinstreichen. Hat man nicht alles ganz genau getroffen, oder ist die Fläche auch nur etwas zu rauh, so reibt sich die Zündmasse ab, und das Zündholz ist verdorben. Seit Einführung der schwedischen Streichhölzer hat die Fabrikation schon wesentliche Fortschritte gemacht. Insbesondre ist vom Standpunkt der Feuersicherheit hervorzuheben, dass man jetzt Zündhölzer fertigt, welche nach dem Auslöschen der Flamme nicht fortglimmen.

Der rote Phosphor ist jedenfalls ein für die Hygiene wesentlicher Fortschritt, obgleich entschieden vom rein praktischen Standpunkt die

alten Zündhölzer besser waren. Es ist daher gerechtfertigt, dass die Gesetzgebung die Verarbeitung von gelbem Phosphor verboten hat. Die Konsequenz wäre nun eigentlich gewesen, dass man die Einführung solcher Zündhölzer mit gelbem Phosphor aus dem Ausland verboten hätte. Das ist aber nicht geschehen, sondern nur ein Einfuhrzoll auf Zündhölzer überhaupt gelegt worden.

408. Wenn wir annehmen könnten, dass gar kein gelber Phosphor mehr verarbeitet wird, so wäre doch immer noch die Frage von Interesse, welche Maßregeln zum Schutz der Arbeiter und der Anwohner einer Zündholzfabrik zu ergreifen seien. Thatsächlich wird aber immer noch gelber Phosphor verarbeitet, nicht bloß zu Rattengift, sondern auch zu Zündhölzern. Und auch der rote Phosphor ist nicht absolut ungefährlich, soll sogar auch die Kiefernekrose hervorrufen. Schon der Feuergefährlichkeit wegen gehört die Zündhölzerfabrikation in die Klasse der Gewerbe, welche nicht ohne Konzession betrieben werden dürfen, und man wird stets darauf sehen müssen, dass derartige Fabriken außerhalb der Städte in isolirten Gebäuden angelegt werden. Manchmal wird das Gebäude nur aus Fachwerk und Ziegeln gebaut, damit beim Abbrennen der Schaden nicht sehr groß ist. Die vollkommen freie Lage gestattet auch, durch einander gegenüberliegende Fenster einen starken Luftstrom zu erzeugen und die Anhäufung der giftigen Dämpfe möglichst zu beschränken. Außerdem wird gewöhnlich die Bedingung gestellt, dass die Arbeit in den heißen Monaten ausgesetzt wird, um die starke Verdampfung des Phosphors möglichst zu verhindern. Aber nur durch eine gut eingerichtete, zweckmäßige Ventilation wird die Anhäufung der Gase in der Luft zu verhindern sein. Bei Einrichtung einer solchen Ventilation müssen wir uns der schon besprochenen Grundsätze erinnern, dass die Luft in genügend starkem Strom von dem Entstehungsort der Dämpfe fort nach außen abgesogen werden muss, damit die Dämpfe gar nicht erst in die Luft des Arbeitsraums gelangen können. Was die besonders gefährliche Arbeit des Eintunkens und Mischens der Latwerge anlangt, so sollte dieselbe nicht im freien Zimmer vorgenommen werden, sondern nur an Tischen, die in der Nähe des Fensters stehen, besser aber noch in gut gelüfteten Nischen oder Abzugskapellen von der Art, wie die Abdampfräume der chemischen Laboratorien. Wenn hinter jeder Tunkplatte eine Abzugsöffnung vorhanden ist, aus welcher die Luft mit genügender Kraft abgesogen wird, und in der Decke des Saals eine genügend große Zahl von Zutrittsöffnungen für frische Luft angebracht ist, dann strömt über jeden Arbeiter fortwährend

Schutzmittel gegen die Vergiftung.

ein von oben nach unten gerichteter Luftstrom, welcher die sich entwickelnden Phosphordämpfe von dem Arbeiter fort auf dem kürzesten Wege nach außen entführt. Die getunkten Hölzer müssen durch kleine Karren, welche auf Schienen laufen, zu den gleichfalls gut ventilirten Trockenkästen geführt werden. Diese müssen in einem andern Raum wie die Schmelz- und Tunkplätze aufgestellt sein u. z. gleichfalls an den Wänden. Die Mitte dieses zweiten Saales kann für die Verpackung dienen; dieselbe wird auf Tischen vorgenommen, unter denen gleichfalls Luftabsaugungsöffnungen angebracht sind. Von hier gelangen die fertigen Hölzer gleichfalls auf einem Karren, der auf Schienen läuft, in die Lagerräume. Für diese letzteren genügt es, wenn dieselben ganz luftig gebaut und mit einander gegenüberliegenden Fenstern versehen sind und wenn womöglich die Einrichtung so getroffen ist, dass die Arbeiter nicht nötig haben, in den Raum zu gehen, sondern dass sie durch passende Vorrichtungen die Zündholzpakete herausholen können.

Regeln für das Verhalten der Arbeiter.

409. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die schädlichen Dämpfe hauptsächlich aus phosphoriger Säure bestehen. Wenn diese nicht durch gute Ventilation sofort aus den Zimmern entfernt wird, so wird sie nicht nur eingeatmet, sondern sie lagert sich auch im Munde, auf Händen, Kleidern u. s. w. ab, wird zum Teil verschluckt und verschleppt. Darum ist auf große Reinlichkeit, Wechsel der Kleider beim Verlassen der Arbeit, sorgfältiges Waschen zu achten. Sehr zu empfehlen ist der Gebrauch alkalischer Getränke, häufiges Gurgeln und Putzen der Zähne mit Kalk oder Magnesia. Man hat auch empfohlen, Schalen mit Terpentinöl in den Arbeitsräumen aufzustellen oder den Arbeitern Fläschchen mit dieser flüchtigen Substanz um den Hals zu hängen, weil der Terpentindampf die Oxydation des eingeatmeten Phosphors verhindern soll. Ich glaube, dass man nicht allzuviel von diesem Mittel erwarten kann, zumal der Terpentindampf Kopfweh und Schwindel verursacht. Wenn man den Eintritt eines Giftes in den Organismus verhindern kann, so ist das jedenfalls besser als die Anwendung eines Gegengifts.

Vieles von dem, was hier als Gegenmittel gegen die Phosphorvergiftung gesagt wurde, gilt ebenso für alle andern gewerblichen Gifte, ist auch schon bei der Besprechung der Staub- und Gaskrankheiten angedeutet worden. Nur ein kleiner Teil des Gifts gelangt durch die Atmung in den Organismus, ein andrer Teil wird verschluckt, nachdem er sich in Mund und Nase abgesetzt hat, ein dritter Teil haftet an den Händen, Kleidern u. s. w., wird auch wohl,

wenn die Arbeiter mit schmutzigen Händen oder gar innerhalb der Arbeitsräume essen, mit den Speisen in den Magen eingeführt. Der Arbeitgeber und seine Stellvertreter, der Fabrikeninspektor, der Fabrikarzt und wer sonst auf die Arbeiter Einfluss hat, darf daher nicht müde werden, die Arbeiter über die Wichtigkeit einer peinlichen Reinlichkeit und Sorgfalt beim Hantiren mit den gefährlichen Stoffen zu belehren. In der Fabrikordnung müssen genaue Vorschriften über die Art der Arbeit, Wechsel der Kleidungsstücke, Waschungen beim Verlassen des Arbeitsraums, namentlich vor dem Essen u. s. w. gegeben und ihre genaue Innehaltung sorgfältig überwacht werden. Widerspenstige Arbeiter, welche sich den Anordnungen nicht fügen, sind unnachsichtig zu entlassen. Da die Vergiftung eine schleichende ist, so werden die Arbeiter, welche anfangs nichts von nachteiligen Folgen spüren, übermütig, spielen mit der Gefahr und sind nur zu leicht geneigt, die Vorsicht für übertriebene Ängstlichkeit zu halten. Dem muss mit Ernst und Strenge, aber auch durch freundliche Belehrung entgegengearbeitet werden. Namentlich muss auch darauf hingewiesen werden, dass es kein besseres Mittel gibt, die nachteiligen Einwirkungen aufzuheben, als Bewegung in freier Luft während der Freistunden.

Da die Arbeit in den Zündholzfabriken keine Anstrengung erfordert, so werden in ihnen vorzugsweise Frauen und Mädchen beschäftigt. Bei Frauen kommen zu den allgemeinen Gesundheitsschädigungen noch besondre, auf das Geschlechtsleben bezügliche: Neigung zu Abortus, Schwächlichkeit und Siechtum der Kinder. Die beginnende Erkrankung veranlasst die Arbeiter häufig zum Misbrauch der alkoholischen Getränke. Auch davor ist zu warnen, da solcher Misbrauch die Schädlichkeit nur vergrößert.

Sechsundvierzigste Vorlesung.

Quecksilber, Blei, Arsen.

Verwendung metallischen Quecksilbers — Spiegelbelegen. — Quecksilberstaub. — Quecksilbervergiftung. — Notwendigkeit zeitweiser Arbeitsunterbrechung. — Verhütung der Vergiftung. — Silberspiegel. — Andre Anwendungen des Quecksilbers. — Metallisches Blei. — Bleiverbindungen. — Bleivergiftung. — Verhütung derselben. — Arsen und Arsenvergiftung.

Verwendung metallischen Quecksilbers.

410. Viel ausgedehntere Anwendung als Phosphor findet das Quecksilber, entweder in Gestalt des Metalls oder seiner Verbindungen. In jeder Form ist es gefährlich. Wir haben zunächst zu handeln von der Darstellung des Quecksilbers, welche in der Regel geschieht aus Zinnober. Durch Rösten desselben wird eine Trennung vom Schwefel erzielt, indem der Schwefel zu schwefliger Säure verbrennt, während das Quecksilber überdestillirt und in Vorlagen aufgefangen wird. Diese Hantierungen sind schon gefährlich, besonders das Aufsammeln des überdestillirten Metalls. Dasselbe gilt von der Verwendung des Quecksilbers zu physikalischen Apparaten, Baro- und Thermometern etc., da hierbei das Quecksilber gekocht werden muss, um alle Luft auszutreiben, wobei sich Dämpfe entwickeln. Jedoch haben die betreffenden Arbeiter immer nur mit kleineren Quantitäten zu thun und sie können sich schützen, so dass die Dämpfe nicht direkt aufgenommen werden. Deshalb sind Vergiftungen bei ihnen im allgemeinen selten. Häufiger schon sind solche bei der Verwendung des Quecksilbers zur Ausbringung von Gold und Silber aus Erzen und in den sogenannten Affiniranstalten. Aber am allergefährlichsten ist eine Industrie, welche ganz besonders in unsrer Nachbarstadt Fürth betrieben wird, nämlich das Belegen von Spiegeln.

Spiegelbelegen.

411. In den Spiegelbelegen handelt es sich darum, die vorher passend geschliffenen und polirten Gläser mit einer festhaftenden Schicht von Zinnamalgam zu versehen, welche das Licht sehr stark reflektirt. Diese Prozedur wird folgendermassen vorgenommen: Auf eine möglichst glatte, horizontal aufgestellte Marmorplatte wird ein Blatt Staniol gelegt. Darüber wird Quecksilber gegossen und gleichmäßig verteilt durch Reiben; so bildet sich Zinnamalgam. Auf dieses

wird dann noch weiteres Quecksilber gegossen und auf dieses die Glasplatte übergeschoben, und zwar muss die größte Vorsicht angewendet werden, damit sich zwischen Glas und Amalgam keine Luftblase befindet. Ist dies geschehen, so wird die Spiegelplatte beschwert, dann wird die Tischplatte, auf welcher die Marmortafel liegt und welche ringsum mit einer Leiste versehen ist, geneigt und das überflüssige Quecksilber läuft an einer Ecke ab in ein darunter gestelltes Gefäß. Das was abläuft, ist nicht reines Quecksilber, sondern enthält etwas Zinn, kann aber wieder benutzt werden. Das Amalgam, welches sich bildet, ist zunächt sehr dünnflüssig und enthält einen großen Überschuss von Quecksilber, der entfernt werden muss. Es werden daher die einzelnen Spiegelplatten, durch Löschpapier von einander getrennt, übereinander geschichtet und mit Gewichten beschwert. Dabei tropft seitweits noch viel Quecksilber aus. Endlich wird der ziemlich fest gewordene Belag noch von dem letzten überschüssigen Quecksilber befreit, indem die Spiegelplatten auf die hohe Kante über eine Rinne gestellt werden, bis der Überzug ganz fest geworden ist. so dass er beim Berühren nicht abgerieben wird, dann ist der Spiegel fertig und wird verpackt.

412. Die Leute, welche mit dem Spiegelbelegen beschäftigt sind, Quecksilberstaub. befinden sich in einer Atmosphäre, in welcher Quecksilber verbreitet ist. Gewöhnlich nimmt man an, dass das Quecksilber in Dampfform sich in der Luft befindet, das ist aber nicht richtig, denn selbst mit den feinsten chemischen Hilfsmitteln kann man es in Dampfform darin nicht nachweisen. Es ist vielmehr unzweifelhaft, dass es feinverteiltes, staubförmiges Quecksilber ist, welches die Vergiftung bewirkt. Reines Quecksilber hat die Eigenschaft, Tropfen zu bilden, die auf glatten Unterlagen sehr leicht rollen; aber mit Staub verunreinigt oder in Verbindung mit Metallen als Amalgam zerstäubt es in kleinere und immer kleinere Kügelchen, welche nicht mehr so beweglich sind, und wird zuletzt zu einem feinen Staub, welcher sehr lange in der Luft schweben kann, zugleich aber eine sehr große Adhäsion hat und sich überall an Fingern, Haaren, Kleidern etc. anhängt. So wird der Quecksilberstaub mit herumgetragen, in die Haut hineingerieben, vielleicht auch auf der Haut in ein lösliches Salz verwandelt. Die Frage, wie die graue Salbe wirkt, ist ja auch noch nicht gelöst, aber das wahrscheinlichste ist, dass die Teilchen in die Schweißkanälchen gedrückt werden, dort in lösliches Salz übergeführt und langsam resorbirt werden. Dasselbe wird wohl auch hier geschehen. Endlich kommt gewiss viel Quecksilber mit den Speisen, welche die

Leute genießen und mit beschmutzten Fingern berühren, direkt in den Magen, während andrer Staub, der sich in Mund und Nase abgelagert hat, mit dem Speichel verschluckt wird.

Quecksilbervergiftung.

413. Wie bei Phosphor müssen wir auch beim Quecksilber akute und chronische Vergiftungen unterscheiden. Die akute Vergiftung kommt mehr bei solchen Arbeitern vor, welche Quecksilberdämpfe einatmen, also namentlich beim Destilliren von Quecksilber. Sie äußert sich ganz besonders durch eine hochgradige Stomatitis, Schwellung der Speicheldrüsen und der Zunge, massenhafte Salivation und führt oft in wenigen Tagen zum Tode. In den Spiegelbelegen haben wir es aber immer nur mit der chronischen Vergiftung zu thun, mit einer langsamen Aufspeicherung des Giftes im Organismus, welches stetig in sehr kleinen Mengen aufgenommen, aber nur in sehr geringem Maße ausgeschieden wird und zum Theil mit den Eiweißkörpern des Organismus komplizirte Verbindungen bildet. Das erste Symptom ist auch hier eine Stomatitis, welche aber ganz allmählich beginnt. Das Zahnfleisch schwillt an und blutet leicht; die Zähne werden locker und fallen aus. In einzelnen Fällen kommt es auch zur Kiefernekrose. So hochgradige Formen werden jedoch in den Spiegelbelegen jetzt nur noch selten beobachtet. Häufiger sind nervöse Erscheinungen, besonders der Tremor mercurialis, das Merkurialzittern. Anfangs tritt das Zittern nur auf, wenn die Leute etwas in Erregung gerathen. Man trifft häufig solche Arbeiter, welche auf Befragen erklären, dass sie völlig gesund seien, die aber, wenn sie in Aufregung geraten, das Zittern bekommen. Manchmal genügt es schon, dass man sie zum Schreiben auffordert. In späteren Stadien wird das Zittern immer ärger, so dass es nach und nach in allen Muskeln auftritt und andauernd wird. Dann stellen sich Lähmungen ein, zuweilen Convulsionen, besonders der Beugemuskeln, heftige Schmerzen, Abmagerung, zuletzt allerlei Hirnsymptome: Gedächtnisschwäche, Krämpfe, Delirien, vollständiges Irresein; so gehen die Leute nach und nach jämmerlich zu Grunde. Bei Frauen ist auch häufig beobachtet worden, dass sie schwächliche, rhachitische Kinder zur Welt bringen; auch kommt oft Abortus bei ihnen vor.

Gegen die beginnende Stomatitis werden Gurgelungen und Mundspülwässer von Kaliumchlorat oder andern Adstringentien empfohlen. Wird bei beginnenden nervösen Symptomen die Arbeit ausgesetzt, bewegen sich die Leute viel in freier Luft, werden sie kräftig genährt und eine Jodkaliumkur mit ihnen vorgenommen, so können sie sich ganz oder teilweise erholen. Das Jodkalium scheint auflösende Wirkung

auf die Quecksilberalbuminate zu haben. Es ist merkwürdig zu sehen, wie beim Gebrauch desselben Quecksilber massenhaft im Harn ausgeschieden wird und so Besserung eintritt. Man hat auch elektrische Bäder vorgeschlagen, indem man den einen Pol dem Patienten in die Hand gibt, den andern mit der metallischen Badewanne in Verbindung bringt, so dass der elektrische Strom durch den Körper geht. Dadurch sollen die Quecksilberverbindungen zerlegt und das Quecksilber ausgetrieben werden. Es wird angegeben, dass man wägbare Mengen so in der Badewanne aufgefunden und die Badewanne mit Quecksilber sich belegt habe. Ich halte aber diese Angabe für mehr als zweifelhaft.

Notwendigkeit zeitweiser Arbeitsunterbrechung.

414. Wegen der außerordentlichen Gefährlichkeit des Quecksilbers können die Arbeiter nie lange hintereinander die Arbeit betreiben; sie müssen öfter aussetzen. Es ist daher sehr zu loben, dass sich unter den Besitzern der Fürther Spiegelbelegen ein Verein gebildet hat, welcher auf gemeinschaftliche Kosten die Arbeiter alle zwei Jahre auf vier Wochen beurlaubt mit Weiterbezahlung des Lohnes. Dadurch wird sehr viel erreicht. Noch weiter freilich geht eine an manchen Orten geltende Polizeivorschrift, welche anordnet, dass überhaupt nur an vier Tagen in der Woche gearbeitet werden darf. Eine solche Maßregel hat aber sehr viel Bedenkliches. Sollen die Arbeiter an zwei Wochentagen müßig gehen, so verlieren sie $^1/_3$ ihres Lohnes und werden außerdem verführt, in den Kneipen herumzulungern, was um so gefährlicher ist, als Trunk und schlechte Ernährung die Gefahren des Merkurialismus erheblich steigern. Arbeiten die Leute an den freien Tagen in andern Anstalten (was wohl da, wo mehrere Fabriken vorhanden sind, kaum ganz zu vermeiden sein dürfte), so ist natürlich der Zweck der Maßregel ganz vereitelt. Am ehesten wäre sie noch in großen Fabriken durchzuführen, wo man die Beleger an den 2 Tagen mit Packen der fertigen Spiegel beschäftigen könnte. Aber gerade dieses Gewerbe wird häufig in ganz kleinem Maßstab mit nur wenig Arbeitern betrieben.

Möglicherweise würde es noch besser sein, wenn man die Leute sich nicht selbst überlassen, sondern sie zwingen würde, während der Hälfte der Urlaubszeit in einem Spital sich einer Kur zu unterwerfen. Denn in jedem Arbeiter steckt doch etwas Quecksilber, welches durch eine Kur ausgeschieden werden könnte. Die Arbeiter würden dann viel länger ihrem Beruf erhalten bleiben. Wie verschieden die Wirkung auf die einzelnen Arbeiter ist, davon kann man sich überzeugen, wenn man mit alten Belegern spricht. Man wird gewöhnlich

finden, dass die Vorarbeiter, welche genau ebenso den Gefahren ausgesetzt sind, aber reinlicher arbeiten und häuslicher leben, viele Jahre gesund bleiben, während neben ihnen ein kurz angestellter Arbeiter von weniger Achtsamkeit an Zittern leidet. Besonders das Trinken ist bei diesem Gewerbe sehr gefährlich; mäßig lebende Arbeiter bleiben immer viel länger gesund als unmäßige.

Verhütung der Vergiftung.

415. Es wird deshalb viel wichtiger sein, auf Mittel zu sinnen, die Belegeanstalten in der Weise einzurichten, dass die Gefahr des Verschleppens und der Einführung des Quecksilbers in den Körper möglichst beseitigt wird. Dazu kommt man verhältnissmäßig leichter als es auf den ersten Blick scheint. Denn da das Quecksilber ein wertvolles Objekt bildet, so liegt ein sorgfältiges Aufsammeln der abtröpfelnden und abfließenden Mengen im Interesse der Unternehmer und je sorgfältiger das geschieht, desto weniger Veranlassung ist gegeben, dass das Quecksilber sich verzettelt und in die Luft als Staub übergeht. Dazu ist vor allem ein glatter und fester Fußboden nötig, nicht aus Dielen, zwischen deren Ritzen das Quecksilber sich ansammelt, sondern aus Asphalt oder Cement. Der Fußboden muss nach einer Ecke hin etwas abschüssig sein, so dass das Quecksilber dorthin zusammenfließt. Man muss dieses Quecksilber und ebenso alle andren Abfälle sorgfältig sammeln und dasselbe durch Destillation dann in reinem Zustande wieder gewinnen und verwenden. Diese Destillation geschieht jetzt in der Regel nicht in den Spiegelbelegen selbst, sondern in besondern Anstalten. Jedenfalls muss man dabei, weil es eine viel gefährlichere Manipulation ist als die Belegarbeit, mit der allergrößten Vorsicht verfahren, die Destillation darf nur aus guten Retorten mit gut anschließenden und gut gekühlten Vorlagen geschehen.

Die Reinlichkeit soll sich aber nicht bloß auf das Lokal erstrecken, sondern ganz besonders auch auf die Menschen. Es ist besonders vorzuschreiben, dass niemals ein Arbeiter mit der Kleidung, die er im Alltagsleben trägt, in die Fabrik geht und dass die Arbeitskleidung nie aus der Fabrik kommt. Vor der eigentlichen Arbeitsstube muss ein Umkleideraum vorhanden sein, wo jeder in einem verschließbaren Schrank seinen Arbeitskittel hat; dort muss das Umkleiden vor und nach der Arbeit stattfinden. Die Straßenkleider dürfen nicht in den für den Arbeitskittel bestimmten Schrank gehängt werden. Der letztere muss an Hals und Handgelenken möglichst eng anschließen, um das Hineingelangen von Staub zu verhindern. Dann muss streng darauf gesehen werden, dass niemand die Fabrik-

räume verlässt, ohne sich vorher den Mund und Rachen mit dem schon erwähnten Gurgelwasser gespült und sorgfältig Hände, Hals, Gesicht und Haare mit Wasser und Seife gründlich gereinigt zu haben; es müssen zu diesem Zweck passende Waschvorrichtungen (für Männer und Frauen getrennt) vorhanden sein. Es darf niemals gestattet werden, innerhalb der Arbeitsräume zu essen oder auch nur Lebensmittel mit hinein zu nehmen. Jeder in den Arbeitspausen einzunehmenden Mahlzeit muss eine sorgfältige Reinigung des Mundes und der Hände vorhergehen. Die Leute müssen endlich veranlasst werden, wöchentlich mindestens einmal ein Vollbad zu nehmen, was am besten gewährleistet werden könnte, wenn der Fabrikbesitzer zur Einrichtung von Bädern in der Fabrik selbst angehalten würde.

Schließlich muss dann noch für genügende Ventilation gesorgt werden. Wie bei allen derartigen Ventilationen muss die Luft oben eintreten, etwa durch die geöffneten obern Teile der Fenster, und unten, nahe dem Fussboden abgesaugt werden.

Ganz besondre Vorsicht erfordern die Tücher, mit denen die Spiegelgläser vor dem Belegen gereinigt werden. Es ist nicht zu vermeiden, dass diese Tücher mit Quecksilber verunreinigt werden, zumal wenn man mit ihnen auch einen misslungenen Belag abwischt. Beim Ausklopfen des Staubes gelangt derselbe dann massenhaft an die Luft. Noch viel gefährlicher sind die Kolirtücher oder zum Koliren benutzten Lederbeutel. Auf keinen Fall dürfen diese frei in den Arbeitsräumen ausgeschüttelt oder geklopft werden, sondern dies muss in geschlossenen Behältern durch einen passenden Mechanismus geschehen.

Diesen Maßregeln gegenüber sind die sonst empfohlenen nur von untergeordneter Bedeutung. Man hat vorgeschlagen, in den Werkstätten Schalen mit Schwefelblumen aufzustellen in der Hoffnung, dass der Schwefel mit dem Quecksilber unlösliche Verbindungen eingehe, eine Ansicht, die wir nicht teilen können. Eine Vereinigung von zwei Gasen wäre ja möglich, aber der Schwefel verdampft nicht bei niedriger Temperatur, sondern kann nur als Staub, also in festen Partikelchen in der Luft vorhanden sein und so verbindet er sich nicht mit Quecksilber. Schwefelwasserstoff würde das Quecksilber binden, aber der ist wegen seiner Giftigkeit nicht verwendbar. Ebensowenig kann ich mir viel von dem Ausgießen von Ammoniakwasser auf den Boden des Arbeitsraums an jedem Abend versprechen. Das starke Sprengen mit reinem Wasser, oder noch besser eine Art Sprühregen, welcher die Luft wäscht und den Staub niederschlägt, so

dass beim nachherigen Fegen alles entfernt wird, würde meines Erachtens viel wirksamer sein.

Obgleich diese Maßregeln durchaus noch nicht alle mit der bei der Gefährlichkeit der Intoxikation wünschenswerten Strenge durchgeführt werden, so können wir doch, wenigstens bei den mir bekannten Spiegelbelegen entschieden die Wahrnehmung machen, dass augenblicklich die Zustände bessere sind als vor 10 Jahren, dass insbesondere durch Durchführung der Reinlichkeitsmaßregeln die Gefahr zwar nicht ganz aufgehört hat, aber doch vermindert ist. Und so können wir hoffen, dass bei noch strengerer Handhabung aller hygienischen Maßregeln die Verhältnisse sich noch weiter bessern werden.

Silberspiegel.

416. Vollkommene Abhilfe würde natürlich nur zu erwarten sein, wenn man wenigstens für die Spiegelfabrikation das gefährliche Quecksilber durch einen ungefährlichen Stoff zu ersetzen im Stande wäre. Man hat viel Hoffnungen gesetzt auf die Silberspiegel-Fabrikation. Besonders Liebig hat sich damit sehr viel Mühe gegeben, aber ohne rechten Erfolg. Nicht etwa als ob die Silberspiegel teurer wären, aber sie haben keinen Anklang gefunden. Diese Manufaktur beruht auf dem Umstand, dass Silbersalze von gewissen organischen Substanzen in alkalischer Lösung reduzirt werden und dass das Silber in Gestalt eines feinen fest haftenden Überzugs sich ausscheidet. Diese Ausscheidung kann durch Milchzucker, Weinsteinsäure, Mannit oder andre reduzirende Stoffe bewirkt werden. Setzen wir zu einer alkalischen Zuckerlösung Silbernitrat, so wird dasselbe reduzirt; es scheidet sich beim Erwärmen metallisches Silber aus, welches das Reagensglas in einer dünnen Schicht überzieht, so dass es als glänzender Spiegelbelag wirkt.

Wenn man eine solche Silberschicht erzeugt, so erhält man also einen schönen Spiegel, dessen glatte Silberschicht das Licht stark reflektirt. Auf der Silberseite ist die Schicht matt. Man kann sie aber poliren, so dass sie glänzend wird und auch hier das Licht reflektirt. Solche Spiegel finden oft Anwendung bei optischen Apparaten, da sie das Licht stärker reflektiren als Quecksilberspiegel. Aber sie haben den Nachteil, dass das Silber anläuft und gelb wird, besonders in Laboratorien, in denen die Luft ja immer etwas Schwefelwasserstoff enthält. Wenn man aber den Spiegel als gewöhnlichen Spiegel benutzt, der von der Glasseite her das Licht reflektirt, so kann man die hintere Fläche mit Firniss überziehen und dadurch haltbarer machen. Trotzdem haben diese Spiegel keinen Eingang gefunden. Diejenigen, welche hauptsächlich Spiegel benutzen, sind die

Frauen. Man behauptet nun, dass der Teint in dem Silberspiegel nicht hübsch aussieht. Die Mehrzahl der Spiegel hat die Eigenschaft, dass sie das Licht nicht unverändert reflektiren. Das rührt davon her, dass das Glas nicht immer absolut weiß ist. Wenn Sie ein recht weißes Papier, z. B. eine Visitenkarte, dicht vor einen Spiegel halten und die Farbe des Spiegelbilds mit der des Objekts vergleichen, werden Sie den Unterschied leicht wahrnehmen. Aber selbst, wenn das Glas ganz farblos ist, hat das Silber die Eigenschaft, dass es das Licht etwas gelblich gefärbt zurückwirft. Und das sehen die Frauen nicht gern. Man sagt auch, dass die Silberspiegel sich nicht gut halten und leicht fleckig werden. Aus diesen Gründen ist daher vorläufig an eine Einschränkung der Quecksilberspiegelfabrikation noch nicht zu denken.

Andre Anwendungen des Quecksilbers.

417. Von andern Gewerben, bei welchen Quecksilber verwendet wird, kommen noch in Betracht: das Vergolden, das Herstellen der grauen Salbe und der Quecksilberverbindungen. Beim Vergolden metallischer Gegenstände werden diese, nachdem sie gebeizt worden (vgl. § 397) mit Goldamalgam bestrichen und im Feuer geglüht, wobei sich das Quecksilber verflüchtigt und das Gold als fest anhaftender Überzug zurückbleibt. Sowohl bei der Herstellung des Amalgams als auch bei der Verdampfung des Quecksilbers sind Vergiftungen schwer zu vermeiden. Da dieses Gewerbe im Kleinbetriebe in bewohnten Häusern ausgeübt wird, sind auch die Nachbarn und Hausgenossen der Vergolder, der Vergiftung durch die Dämpfe ausgesetzt. Die beste Abhilfe gegen diese Übelstände ist die Ersetzung der Feuervergoldung durch die galvanische. Ähnliches wie für die Vergoldung gilt auch für die Versilberung. Es wird dabei entweder Silberamalgam oder eine Mischung von Silberpulver mit Quecksilberchlorid benutzt.

Die bekannte graue Salbe wird im kleinen und im großen von Apothekern, Tierärzten, Landwirten und Schäfern (als Mittel gegen Läuse und Räude) bereitet, wobei durch unvorsichtiges Hantiren Menschen und Vieh vergiftet werden können. Insektenpulver, Kreosotwasser und andre mindergefährliche Stoffe verdrängen glücklicher Weise die graue Salbe immer mehr.

Von Quecksilberverbindungen werden (außer den schon erwähnten) auch noch andre Amalgame technisch verwendet. Die Benutzung von Kupferamalgam als Zahnkitt zum Plombiren der Zähne kommt hoffentlich nicht mehr vor. Von den Salzen wird das Sublimat (Quecksilberchlorid) am meisten verwendet. Bei der Herstellung wie

bei der Verwendung aller dieser Präparate ist natürlich die größte Vorsicht nötig.

Metallisches Blei.

418. Eine weit ausgedehntere Anwendung noch als Quecksilber findet das Blei, sowohl als Metall, rein oder in Legirungen, wie in seinen Verbindungen. Gewerbliche Bleivergiftung kommt deshalb bei einer großen Zahl von Gewerbetreibenden vor, und es ist besonders für den Arzt notwendig, sich mit diesen Gewerben bekannt zu machen, weil ihm dies schon in den Anfangsstadien der Erkrankung zu der richtigen Erkennung der Krankheitsursache verhilft. Metallisches Blei wird vielfach zum Löten, Ausfüllen von Lücken in Steinen, Befestigen von Eisen in Steinen etc. gebraucht. Diese Anwendung ist an und für sich nicht gerade gefährlich und gibt selten zur Bleivergiftung Anlass. Viel mehr ist dies der Fall bei den Arbeitern an den Webstühlen, bei denen die kleinen, zum Spannen der Fäden dienenden Bleigewichte fortwährend abgerieben werden und bleihaltigen Staub entwickeln, und vielleicht noch mehr bei den Schriftsetzern durch das Letternmetall, welches aus einer Legierung von Blei, Antimon, Zinn und Kupfer besteht. Beim Hantiren mit den Lettern bleiben geringe Mengen an den Fingern, und wenn der Setzer die Finger mit Speichel benetzt (beim Umwenden der Blätter) kommt das Blei in den Mund.

Vielfach nehmen die Setzer auch die Lettern selbst in den Mund; auch beim Essen während der Arbeit wird gewiss manches Bleipartikelchen in den Mund befördert. Beim Schmelzen der Metalle und beim Gießen der Lettern, Abschleifen der Gussnähte u. s. w. gibt es immer Bleistaub, der sich in die Kleider u. s. w. setzt und so in ähnlicher Weise, wie wir dies von andern Staubarten gesehen haben, Vergiftungen veranlasst. Von dem Übergang des Bleis in Nahrungs- und Genussmittel war schon früher die Rede (§ 376 ff.).

Bleiverbindungen.

419. Viel häufiger aber als durch metallisches Blei kommen gewerbliche Vergiftungen durch Bleiverbindungen zu Stande. Unter der Anzahl solcher, welche zu den allerverschiedensten Zwecken gebraucht werden, sind besonders gefährlich diejenigen, welche als trockne Pulver verbraucht werden, wobei sowohl die Herstellung, als ganz besonders das Mahlen und die Verwendung des Pulvers gefährlich ist. Auf den Bleigehalt der Glasuren ist schon aufmerksam gemacht worden. Deshalb gehören Töpfer zu den mit am häufigsten an chronischer Bleivergiftung leidenden Gewerbetreibenden.

Mehrere Bleiverbindungen sind viel benutzte Farbstoffe, insbesondre das Bleiweiß (Bleikarbonat) und das Chromgelb (Blei-

chromat). Die Arbeiter, welche solche Farben darstellen oder zerreiben, und diejenigen Leute, welche die zerriebenen Farben verwenden, sind dem Staube ausgesetzt, also Arbeiter in Farbenfabriken, Farbenreiber, Tapetenverfertiger, Anstreicher und Maler, Emailarbeiter, Porzellanmaler u. s. w.

Von andern Bleipräparaten kommen besonders in Betracht: die Bleiglätte (Massikot) oder Bleioxyd, das Bleisuperoxyd und die Mennige (Gemenge von Bleioxyd und Bleisuperoxyd), welche als rote Farbe, mehr aber noch zur Bereitung von Kitten dient, der Bleizucker (Bleiacetat) und Bleiessig (basisches Bleiacetat). Diese Stoffe dienen zur Herstellung von Glasflüssen, zur Bereitung von Firnis, Bleipflaster, Kitt, zur Zündholzfabrikation (vgl. § 404), zu den verschiedensten chemisch-technischen Zwecken, in der Pharmazie zur Herstellung von Pflastern, Salben, Wundwässern u. d. g., zu Verfälschungen (vgl. Wein § 341). Die Liste der Gewerbetreibenden, welche sich Bleivergiftungen zuziehen können, ist daher sehr groß. Außer den schon erwähnten und den Arbeitern in den verschiedenen chemischen Fabriken, welche Bleipräparate herstellen oder verwenden, will ich nur erwähnen: Blumenmacherinnen (die unter andern Farben auch die Bleifarben verwenden), Schneider, welche mit Bleiessig getränkte Seide benutzen (die Tränkung hat den Zweck, das Gewicht der Seide zu vermehren), Stickerinnen, welche Bleiweiß zum Durchpausen der Stickmuster benutzen, und viele andre.

420. Eine akute gewerbliche Bleivergiftung kommt höchst selten oder eigentlich niemals vor, weil Blei und Bleiverbindungen nicht wie Phosphor und Quecksilber schon bei mäßiger Temperatur verdampfen, also die Vergiftung immer nur durch längere Aufnahme kleinerer Mengen zu Stande kommen kann. Ausnahmen hiervon, z. B. Verschlucken von Lösungen, können wir unter die Unfälle rechnen. Die eigentliche professionelle Bleivergiftung ist immer eine schleichende, mit periodischen Anfällen und Remissionen beginnende, bis schließlich die dauernden Störungen ihren Höhegrad erreichen. Die Symptome der chronischen Bleivergiftung sind sehr charakteristisch. Nachdem schon längere Zeit Abmagerung, Blässe, süßlicher Geschmack im Munde als Vorboten vorhergegangen sind, wobei sich an den Rändern des Zahnfleischs ein graublauer Saum zeigt, treten hartnäckige Verstopfungen auf, welche sich mit sehr schmerzhaften Koliken verbinden. Der Unterleib ist eingezogen, das Gesicht verzerrt, zuweilen treten Krämpfe in verschiedenen Muskelgebieten auf. Diese Erscheinungen schwinden nach einigen

Bleivergiftung.

Tagen, kehren von Zeit zu Zeit, u. z. immer heftiger, wieder. Dauert die Intoxikation fort, so treten später heftigere Krämpfe auf, verbunden mit Stupor oder Delirien. An dieses Stadium schließt sich eine eigentümliche Lähmung, welche vorzugsweise die Extensoren des Handgelenks und der Finger befällt, so dass die eigenthümliche krallenartige Haltung die Diagnose zu stellen gestattet. In zweifelhaften Fällen wird die Vorgeschichte und der schon erwähnte Bleisaum am Zahnfleisch die Diagnose unterstützen. Nicht selten ist Blindheit, vorübergehende oder dauernde, zu beobachten. Zuletzt stellt sich vollständige Lähmung, Marasmus und Stumpfsinn ein, und das Leben endet bei allgemeiner Erschöpfung aller Kräfte.

Die Ausscheidung des Bleis im Harn geschieht nur in geringem Grade. Leider ist hier kein solches Universalmittel bekannt, wie das Jodkalium bei der Quecksilbervergiftung, sondern man muss sich darauf beschränken, die Möglichkeit jeder weitern Einschleppung von Blei zu verhindern; dann wird in den schwächern Graden 'die Vergiftung spurlos vorübergehen, bei stärkeren Graden wird man besonders durch Elektrisiren Hilfe zu schaffen haben, in noch höhern Graden wird man sich begnügen müssen mit einer teilweisen Besserung. In allen Fällen muss man die Verstopfung bekämpfen.

Verhütung derselben.

421. Zur Verhütung der Bleivergiftung muss man alle diejenigen Maßregeln ergreifen, welche wir bei den Staubkrankheiten, sowie beim Quecksilber besprochen haben. Man muss die Verschleppung und Einführung des bleihaltigen Staubes möglichst zu verhindern suchen durch zweckmäßiges Wechseln der Kleidung, Verbot des Essens in den Arbeitsräumen, durch peinlichste Reinlichkeit und zweckmäßige Ventilation. In vielen Fällen wird es möglich sein, die Staubentwicklung durch Befeuchten des zu verkleinernden Materials zu verhüten oder das Hineingelangen des Staubs in Mund und Nasen durch Masken oder Respiratoren zu vermindern. Das dennoch in den Mund gelangte Blei kann man, ehe es verschluckt wird, zu entfernen und unschädlich zu machen versuchen durch Gurgelwässer, welche das Blei in unlösliche Verbindungen überführen z. B. eine verdünnte Lösung von Schwefelsäure. Man kann auch die Schwefelsäure in verdünnter Lösung als Limonade trinken lassen, um das Blei noch im Magen in unlösliche Verbindung überzuführen. Die Arbeiter müssen sich möglichst viel im Freien bewegen, bei den ersten Zeichen des Unbehagens die Arbeit aussetzen, sich gut nähren, sich besonders im Trinken mäßig halten, für regelmäßige und ausgiebige Darmentleerung, nötigenfalls durch Gebrauch milder Abführmittel, Sorge tragen. Sehr zu

empfehlen ist eine regelmäßige Überwachung durch einen Arzt, um die Krankheit schon in ihren Anfängen zu erkennen und zu behandeln.

Ganz dasselbe gilt von allen andern giftigen Metallen, welche in irgend einer Weise Verwendung finden, Kupfer, Zink u. a. Natürlich sind nicht alle gleich gefährlich. Am gefährlichsten sind immer diejenigen, welche leicht stäuben. Außer den bisher genannten ist besonders herzorzuheben das Kupfer und Arsen enthaltende Schweinfurter Grün.

422. Arsen kommt in der Natur teils gediegen teils in Verbindung mit Eisen, Nickel, Kobalt, Antimon, Schwefel und Kupfer vor, auch als arsenige Säure und in Form von arsensauren Salzen. Bei der Gewinnung des Arsens durch Pochen und Verhütten der Mineralien kommen durch Verstäuben und noch mehr durch Verdampfen chronische und akute Vergiftungen vor, ebenso bei der Darstellung und Verwendung der Arsenverbindungen. **Arsen und Arsenvergiftung.**

Arsenige Säure, welche durch Rösten von Arsen oder arsenhaltigen Mineralien gewonnen wird, findet vielfache Verwendung bei der Fabrikation organischer und anorganischer Farben, in der Glasfabrikation und andern Gewerben. Von ihrem gewohnheitsmäßigen Genuss war schon früher die Rede. Auch als Arzneimittel ist sie in Gebrauch.

Arsensäure wird meistens aus arseniger Säure dargestellt. Sie dient zur Darstellung des Anilinrots (vgl. § 379) und in der Zeugdruckerei. Sie ist weniger giftig als die arsenige Säure.

Schweinfurter Grün ist eine sehr gefährliche Farbe, welche durch Kochen von Grünspan in einer Lösung von arseniger Säure dargestellt wird. Sie wirkt schädlich nicht bloss auf die Arbeiter, welche sie darstellen, sondern auch auf die, welche die Farben nur vorübergehend gebrauchen oder in Berührung kommen mit arsenikgefärbten Tapeten (vgl. § 382).

Da die Arsenvergiftungen gelegentlich akut auftreten und sehr häufig als chronische, so muss ganz besondere Sorgfalt und größte Vorsicht gebraucht werden; aber am besten ist, dass man den Gebrauch von Arsenpräparaten, da wo es irgend geht, vermeidet. Es lässt sich das Arsen vielfach durch unschuldigere Mittel ersetzen. Besonders die grüne Arsenfarbe sollte ganz verdrängt werden, da man im Stande ist, eine ebenso schöne Farbe in unschädlicher Weise herzustellen.

Die akute Arsenvergiftung kommt in der Regel nur durch Einatmen der Dämpfe in Folge eines Unfalls oder unvorsichtigen

Benehmens vor. Sie äußert sich durch heftiges Erbrechen, Schmerzen im Magen, Ohnmacht, Collaps.

Die chronische Vergiftung äußert sich durch Appetitlosigkeit, Erbrechen, Diarrhöen, Heiserkeit und Husten, Lähmungen, namentlich der untern Extremitäten, hauptsächlich aber durch Erkrankungen der Haut: Geschwüre an den Fingern und Zehen, Pusteln, die mit Krustenbildung und Bildung tiefgreifender Narben verheilen, Erytheme, Papeln und Quaddeln.

Abgesehen von der örtlichen Behandlung dieser Hautkrankheiten, wobei sich besonders Waschungen mit Salz- oder Kalkwasser nützlich erweisen sollen, sind auch hier die allgemeinen Vorbeugungsmaßregeln anzuwenden: Sorge für vollständige Kondensation der Dämpfe, Vermeidung des Stäubens, Abführung der Dämpfe und des Staubs durch Ventilation, peinliche Reinlichkeit, kurz alles, was wir schon bei früheren ähnlichen Gelegenheiten angeführt haben.

Siebenundvierzigste Vorlesung.

Beleuchtung.

Beleuchtung durch Tageslicht. — Helligkeit eines Zimmers. — Verteilung der Helligkeit im Zimmer. — Oberlicht und Seitenlicht. — Direkte Sonnenbestrahlung. — Photometrie. — Bunsen's Photometer. — Weber's Photometer. — Raumwinkelmesser. — Geringste ausreichende Helligkeit. — Lesen und Schreiben. — Schriftarten. — Zu erkennende Helligkeitsdifferenzen. — Sehschärfe. — Akkomodationsanstrengung. — Kurzsichtigkeit.

423. Bei der Besprechung der Schädlichkeiten, welche aus der Beschäftigung entstehen, habe ich einen Umstand ganz unberücksichtigt gelassen, welcher bei vielen Gewerben eine außerordentliche hygienische Bedeutung hat, nämlich die Beleuchtung. Alle Gewerbe, bei welchen feinere Arbeiten zu leisten sind, z. B. Uhrmacherei, Stickerei u. s. w., setzen eine gute, zweckmäßige und vor allem genügende Beleuchtung voraus, wenn nicht die Augen der Arbeiter Schaden leiden sollen. Da aber unter der Schwächung des Sehvermögens die Erwerbsfähigkeit mit am meisten leidet, so versteht es sich von selbst, dass es ebenso wichtig ist, diese Schäden zu beseitigen, als sonstige Gesundheitsstörungen.

Beleuchtung durch Tageslicht.

Am allerwichtigsten aber ist es, für gute Beleuchtung in den Schulen zu sorgen, da Schäden, welche die Schuljugend treffen, die Leistungsfähigkeit für das ganze folgende Leben beeinträchtigen. Leider ist der Fall, dass ungenügende oder unzweckmäßige Beleuchtung den Grund zur Erwerbung solcher Fehler bietet, kein seltner. Und namentlich bei denen, welche die Schule länger besuchen, also bei den Schülern der höheren Lehranstalten, ist die Schädigung häufig so groß, dass sie nicht mehr ausgeglichen werden kann.

Wir wollen zunächst nur von der natürlichen Beleuchtung durch Tageslicht sprechen. Selbstverständlich ist das erste Erfordernis jeder Beleuchtung, handle es sich nun um das Studirzimmer des Gelehrten oder um Handwerksräume, dass sie für die zu leistende Arbeit ausreiche. Die Helligkeit, welche durch das einfallende Tageslicht erzeugt wird, muss so groß sein, dass selbst in Zeiten, wo das Licht des Himmels nur wenig wirkt, wie bei trübem Wetter, in den frühen Morgen- und späten Nachmittagsstunden, selbst an den ungünstigst

gelegenen Plätzen des Zimmers die Arbeit ohne übermäßige Anstrengung des Auges geleistet werden kann. Es ist aber ganz unmöglich, mit einer Beleuchtung durch Fenster es dahin zu bringen, dass alle Teile des Zimmers gleich hell sind. Es ist das höchstens einigermaßen möglich, wenn das Licht von oben einfällt, bei sogen. Oberlicht. Wenn dagegen die Fenster seitwärts angebracht sind, was doch die Regel ist, dann können wir die Ungleichheit der Beleuchtung nicht vermeiden. Wir müssen deshalb den Grundsatz aufstellen, dass selbst an den ungünstigsten Plätzen die Beleuchtung eine genügende sein soll.

Helligkeit eines Zimmers.

424. Stellen Sie sich ein Fenster in der Wand eines vollkommen frei stehenden Gebäudes vor, d. h. eines Gebäudes, dessen Belichtung durch kein gegenüberstehendes Gebäude oder sonstiges Licht abfangendes Hindernis beeinträchtigt wird, so kann auf dieses Fenster Licht von allen Punkten des halben Himmelsgewölbes, also von dem vierten Teil einer Kugelfläche fallen. Ist dagegen ein Teil des Himmelsgewölbes für das Fenster verdeckt, so wird dadurch die Gesamtsumme des einfallenden Lichts verringert. Wenn aber die wirksame Himmelsfläche nicht gar zu klein ist, dann können wir die Verhältnisse in folgender Weise auffassen: Durch jeden Punkt gelangen Lichtstrahlen aller möglichen Richtungen in das Zimmer, und wenn auch die Fenster aus gewöhnlichem durchsichtigem Glas bestehen, so fallen die Strahlen doch so ein, als wenn sie durch mattgeschliffenes Glas gegangen wären, welches das Licht zerstreut. Man kann deshalb jeden Punkt des Fensters als selbstleuchtend betrachten. Da aber jeder Punkt des Himmels, soweit er in Betracht kommt, auf jeden Punkt des Fensters Licht wirft, so wird die Gesammtsumme des Lichts, welche in das Zimmer gelangt, proportional sein einmal der Helligkeit des Himmelsgewölbes, dann dem Teil des Himmels, welcher Licht auf das Fenster werfen kann, und endlich der Fläche des Fensters. Was die Helligkeit des Himmels anlangt, so schwankt sie von Stunde zu Stunde und von Tag zu Tag. Die Menge des auf das Fenster fallenden Lichts hängt davon ab, ob das Licht frei einfallen kann oder nicht, endlich was die Oberfläche des Fensters betrifft, so versteht es sich von selbst, dass wir nur die wirklich durchsichtigen Teile, also die Summe der Scheibenflächen, nicht aber die Fensterkreuze, Sprossen u. s. w. in Rechnung stellen dürfen.

Verteilung der Helligkeit im Zimmer.

425. Von dieser Gesamthelligkeit des Zimmers hängt natürlich auch die Helligkeit an jeder einzelnen Stelle des Zimmers ab; sie ist aber, wie leicht einzusehen, an verschiedenen Stellen

ganz ungleich: Denn die Wirkung eines leuchtenden Punkts auf eine von ihm beleuchtete Fläche hängt ab von der Lichtmenge, die von dem Punkte ausgeht, von der Entfernung des Punktes und dem Winkel, unter dem die Strahlen auf die Fläche fallen. Für unsere Zwecke ist es am wichtigsten, zu untersuchen, wie sich die Helligkeit horizontaler Flächen, z. B. einer Tischplatte, unter der Wirkung des vom Fenster ausgehenden Lichts gestalten. Ist das Fenster, wie wir angenommen haben, vertikal, so ist der Einfallswinkel um so steiler, je höher der leuchtende Punkt des Fensters liegt. Die einzelnen Teile des Fensters wirken also in verschiedener Weise, die unteren weniger, die oberen mehr. Die gesamte Helligkeit auf einen etwa in der Mitte des Zimmers stehenden Tisch wird sich also darstellen als die Summe der Einzelwirkungen jedes Fensterpunktes und jede dieser Einzelwirkungen wird proportional sein der Helligkeit dieses Punktes multiplizirt mit dem Sinus des Winkels, welchen der von jenem Punkt auf die Tischfläche fallende Strahl mit der Tischfläche bildet.

Die Wirkung des Fensters in seinen oberen Teilen ist also eine günstigere als in seinen unteren Teilen. Decken wir die obere Hälfte des Fensters zu, so verlieren wir mehr als die Hälfte der Lichtwirkung; decken wir die untere Hälfte zu, so verlieren wir weniger. Es folgt daraus die einfache praktische Regel, dass die Helligkeit, um so größer wird je höher die Fenster sind, und dass wir Fenster in Schulzimmern, Werkstätten etc. bis möglichst hoch an die Decke führen sollten, um möglichst günstige Wirkung zu erzielen. Dagegen können wir unten eher etwas missen. Jedenfalls würde der Teil des Fensters, welcher tiefer liegt als die Tischfläche, zur direkten Beleuchtung derselben gar nichts beitragen. Auf diesen Punkt sollten also die Architekten bei ihren Entwürfen für Schulbauten besonders Rücksicht nehmen.

Die Wirkung eines leuchtenden Punktes auf eine Fläche hängt aber bekanntlich auch noch ab von der Entfernung. Sie ist umgekehrt proportional dem Quadrat derselben. Sind in dieser Beziehung die dem Fenster näheren Stellen schon im Vorteil, so kommt noch hinzu, dass die Neigungswinkel der auffallenden Strahlen mit der Entfernung vom Fenster immer kleiner werden. Eine senkrecht zur Fensterfläche quer durch das Zimmer verlaufende horizontale Tischplatte wird also in ihren vom Fenster entfernteren Teilen sehr viel ungünstiger beleuchtet als in den näheren. Auch hier ist wieder die Höhe des Fensters von Einfluss, denn je tiefer der leuchtende

Punkt liegt, desto schneller nimmt der Einfallswinkel mit der Entfernung ab.

Wir müssen ferner darauf Rücksicht nehmen, dass nicht die ganze Wandfläche gleichmäßig mit Glas bedeckt ist, sondern dass in der Regel mehrere Fenster mit dazwischen stehenden undurchsichtigen Fensterpfeilern vorhanden sind. Stehen Reihen von Tischen, alle senkrecht auf die Fensterwand geordnet, hintereinander, so bekommt jeder Tisch von mehreren Fenstern Licht. Nun ist es klar, dass das Licht, welches aus dem nächsten Fenster fällt, viel günstiger wirkt, als das von den entfernteren. Es wird also ein Wechsel in der Helligkeit auf den einzelnen Tischen nicht zu vermeiden sein. Auch diesem Umstand werden wir Rechnung tragen müssen, dadurch, dass man die Fensterpfeiler so schmal wie möglich macht. Da ferner die Mauer eine gewisse Dicke hat, derart dass sie sowohl nach außen wie nach innen über die Fensterfläche hervorragt, so ist es klar, dass das Licht von den vorspringenden Fensterpfeilern zum Teil abgefangen wird, dass also nicht, wie wir bisher angenommen haben, das Fenster gleichmäßig beleuchtet ist, sondern in der Mitte mehr als an den Seiten. Die Pfeiler, so weit sie nach außen vorragen, beschatten die Fensterfläche. Das von dieser ausgehende Licht wird seinerseits, ehe es an die Tische gelangt, auch zum Teil abgefangen, woraus folgt, dass an den Fensterpfeilern dreieckige Räume vorhanden sind, welche sehr viel weniger Licht empfangen. Diese ungleichmäßige Verteilung können wir bedeutend verbessern, wenn wir die Fensterpfeiler abschrägen, so dass sie nach innen wie nach außen nicht rechtwinkelig zur Fensterfläche vorspringen, sondern in stumpfen Winkeln. Auf diese Weise kann man den beschatteten Raum so klein machen, dass er zu einem Dreieck mit sehr geringer Höhe zusammenschrumpft.

In der durch die besprochenen Verhältnisse bedingten Verteilung der Helligkeit im Zimmer werden Änderungen dadurch herbeigeführt, dass alles auf die Wände, die Decke u. s. w. fallende Licht von diesen reflektirt wird und sich dieses reflektirte Licht zu dem direkt auf einen Platz fallenden hinzuaddirt. Es wird sich deshalb empfehlen, in Schulen u. d. g. den Anstrich der Wände hell zu machen, weil dies viel zur Erhellung solcher Stellen beiträgt, welche wegen ihrer Entfernung vom Fenster zu wenig direktes Licht empfangen.

Oberlicht und Seitenlicht.

426. Ich habe bisher angenommen, dass der Einfall des Lichts von einer Seite her erfolgt. Namentlich für die Einrichtung von Schulzimmern werden wir uns aber noch die Frage vorzulegen haben, von welcher Seite her das Licht einfallen soll. Hätten wir ganz

freie Wahl, so wäre es am zweckmäßigsten, vom Seitenlicht ganz abzusehen und Licht von oben einfallen zu lassen. Solches Oberlicht würde unter allen Umständen am günstigsten wirken. Nehmen wir an, dass wir anstatt eines gegebnen vertikalen Fensters ein Oberlicht von gleicher Größe hätten, so würde erstens die Beleuchtung des ganzen Himmelsgewölbes beinahe vollständig zur Geltung kommen; zweitens würde das Licht, welches auf die horizontalen Tische fällt, überall fast unter rechtem Winkel auffallen. Leider stehen dem äußere Hindernisse entgegen: Wir können Oberlicht nur anwenden, wenn kein Stockwerk darüber ist, und es ist schwer ein allen sonstigen Anforderungen entsprechendes Oberlicht zu konstruiren. Jedenfalls darf man sich nicht mit einer einfachen Verglasung begnügen. Besonders im Winter, wenn das Zimmer warm ist, während das Glas von oben abgekühlt wird, kondensirt sich Wasserdampf an ihm und fällt auf die Köpfe. Man muss daher die Glasdachung doppelt machen. Im Fall das obere und untere Fenster gut schließen, wird die Abkühlung sehr vermindert und dadurch der oben genannte Übelstand vermieden; außerdem wird die Ablagerung von Staub verhindert. Noch besser ist es in vielen Beziehungen, wenn die Oberlichter eine schiefe Lage haben.

Wenn wir kein Oberlicht anwenden können, bleibt uns die Wahl zwischen den vier Seiten. In manchen Schulzimmern, namentlich in kleineren Gebäuden, welche nur ein bis zwei Schulzimmer enthalten, findet man, dass an beiden gegenüberliegenden Seiten Fenster sind. Das geht aber nicht an in größeren Gebäuden, in denen ein Korridor nötig ist. Man wird also in der Regel nur eine Front für das Schulzimmer verwerten können und man wird an dieser einen Seite die Fenster anbringen. In der Regel stellt man dann die Schultische so auf, dass das Licht von der linken Seite her einfällt, was schon deshalb zweckmäßig ist, weil dann die Hand beim Schreiben keinen Schatten auf das Papier wirft. Kann man jedoch die Fenster so hoch anbringen, dass die Köpfe keinen Schatten auf die Bücher werfen, so würde aus physiologischen Gründen, die wir noch kennen lernen werden, der Lichteinfall von hinten noch zweckmäßiger sein.

427. Anders, als wir es bisher angenommen haben, gestalten sich die Verhältnisse, wenn nicht zerstreutes Himmelslicht, sondern wenn direktes Sonnenlicht in das Zimmer hineinfällt. Da die Sonnenstrahlen parallel sind, so nimmt die Beleuchtungswirkung derselben mit der Entfernung vom Fenster nicht ab. Und da die Lichtintensität der Sonnenstrahlen die des zerstreuten Himmelslichtes immer sehr

Direkte Sonnenbestrahlung.

erheblich übertrifft, so werden alle vom Sonnenlicht getroffenen Stellen des Zimmers sehr hell beleuchtet, während dicht daneben die im Schatten liegenden Stellen viel dunkler bleiben.

Man wird beim Bau eines Schulhauses oder einer Werkstatt nicht immer freie Hand haben, nach welcher Himmelsrichtung man die Fensterfront legen soll. Einige sind der Meinung, dass man die Nordseite vermeiden solle; doch ist Nordlicht für manche Zwecke, z. B. für Zeichensäle, gerade vorteilhaft. Freilich bedürfen nach Norden gelegene Zimmer, da auch die Erwärmung durch die Sonne fortfällt, einer etwas stärkeren Heizung. Aber auf der andern Seite ist nicht zu verkennen, dass jede direkte Einwirkung des Sonnenlichts auch sehr störend wirkt. Denn da wir genötigt sind, das Zimmer so hell zu machen, dass die Helligkeit an keinem Arbeitsplatz unter eine gewisse Grenze sinkt, so wird das Licht an den Stellen, wo die Sonne hinscheint, allzuhell und blendend werden. Darum muss man jedenfalls, wenn die Sonne während der Arbeitszeit in das Zimmer hineinscheint, für passende Abwehrvorrichtungen sorgen. Das praktischste in der Beziehung sind Vorhänge von starkem ungebleichtem Leinen. Jalousien werfen Schatten oder verdunkeln auch zu stark. Gute Vorhänge mäßigen und zerstreuen zugleich das Licht.

Für Schulzimmer, welche nicht nach Norden liegen, scheint es mir am zweckmäßigsten zu sein, wenn die Sonne nicht gerade während der ganzen Schulzeit, sondern etwa in den frühen Morgen- und Abendstunden hineinscheint. Das wird der Fall sein, wenn die Fensterfront nach Nordost oder nach Nordwest d. h. wenn die Hauptaxe des Gebäudes entweder von Nordwest nach Südost oder von Nordost nach Südwest gerichtet ist. Bei einem Neubau sollte man daher, wenn nicht triftige Gründe dagegen sprechen, diese Lagen bevorzugen.

Photometrie. **428.** Um beurteilen zu können, ob die Beleuchtung eines Raumes (Schulzimmers oder Werkstatt) den hygienischen Anforderungen entspricht, müssen wir uns nach Mitteln umsehen, die Helligkeit zu messen, und müssen außerdem untersuchen, unter welches Maß die Helligkeit nicht sinken darf, wenn feinere Unterschiede von einem gesunden Auge noch gut und ohne Anstrengung sollen wahrgenommen werden. Die Messung der Helligkeit oder Photometrie hat aber zweierlei Aufgaben zu lösen. Entweder handelt es sich darum, die Lichtintensität oder die Helligkeit eines leuchtenden Körpers, z. B. einer Flamme, zu messen oder die Helligkeit, welche an einem bestimmten Punkte herrscht, auf welchen Licht von einer oder von mehreren Lichtquellen fällt. In der Regel wird nur die erstere Art

von Messung vorgenommen. Die dazu dienenden Instrumente, die Photometer können nach verschiedenen Prinzipien eingerichtet werden. Am meisten in Gebrauch sind das Schattenphotometer von LAMBERT und das Fettfleckphotometer von BUNSEN.

Das Schattenphotometer besteht aus einem undurchsichtigen Stäbchen, welches vor einer weißen Fläche aufgestellt ist. Wenn das Licht zweier Lichtquellen L_1 und L_2 auf die Fläche fällt, so entstehen auf derselben zwei Schatten S_1 und S_2. Es ist nun die gesammte Helligkeit der Fläche offenbar gleich der Summe der von beiden Lichtquellen bewirkten Beleuchtung. An der Schattenstelle S_1 aber wirkt nur die Lichtquelle L_2 und an der Schattenstelle S_2 nur die Lichtquelle L_1. Ändern wir nun die Stellung der beiden Lichtquellen so lange, bis die zwei Schatten ganz gleich erscheinen, so sind ihre Wirkungen gleich. Diese Wirkungen aber hängen ab erstens von der Intensität der Lichtquellen und zweitens von ihrer Entfernung. Sie sind direkt proportional der Intensität und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung. Bezeichnen wir mit J_1 die Intensität der Lichtquelle L_1, mit J_2 die Intensität der Lichtquelle L_2, mit r_1 und r_2 die Entfernungen, bei denen die Schatten gleich erscheinen, so haben wir die Gleichung:

$$\frac{J_1}{r_1^2} = \frac{J_2}{r_2^2}$$

$$\text{oder } J_1 : J_2 = r_1^2 : r_2^2$$

d. h. die Intensitäten der beiden Lichtquellen verhalten sich zu einander wie die Quadratzahlen der Entfernungen, bei welchen die Schatten gleich erscheinen.

429. Bei dem BUNSEN'schen Photometer wird zwischen die beiden zu vergleichenden Lichtquellen ein Schirm von undurchsichtigem, weißen Papier gestellt, in dessen Mitte ein Fettfleck durch Tränkung des Papiers mit geschmolzenem Stearin angebracht ist. Fällt nur von rechts her das Licht der Lichtquelle L_1 auf den Schirm, so wird dasselbe von dem weißen Papier reflektirt, der Schirm erscheint daher auf seiner rechten Seite hell. In der Mitte aber, wo der Fettfleck angebracht ist, ist das Papier durchscheinend; ein Teil des auffallenden Lichts dringt durch das Papier durch und es wird dort weniger Licht reflektirt; der Fleck muss daher dunkel auf hellem Grunde aussehen. Wenn man dagegen den Schirm von der linken Seite her betrachtet, so sieht derselbe Fleck hell auf dunklem Grunde aus. Ganz dasselbe würde gelten, wenn nur von links her das Licht der Lichtquelle L_2 auf den Schirm fiele; es würde links ein dunkler Fleck

BUNSEN's Photometer.

auf hellem, rechts ein heller Fleck auf dunklem Grunde zu sehen sein. Wenn aber beide Lichtquellen gleichzeitig auf den Papierschirm wirken, so erscheint der Fleck dunkel auf hellem Grunde auf der Seite der stärker wirkenden und umgekehrt hell auf dunklem Grunde auf der Seite der schwächer wirkenden. Durch Entfernung der ersteren vom Schirm oder Annäherung der zweiten kann man es dahin bringen, dass beide Seiten vollkommen gleich erscheinen. In diesem Falle müssen wiederum die Intensitäten der beiden Lichtquellen sich verhalten wie die Quadrate ihrer Entfernungen. Die Beobachtung wird sehr erleichtert, wenn man durch Aufstellung von Spiegeln die beiden Seiten des Papierschirms gleichzeitig sehen kann.

Sie sehen also, dass bei beiden Instrumenten nicht absolute Messungen vorgenommen werden sondern nur Vergleichungen von Lichtquellen. Um in einem bestimmten festen Maß die Lichtstärken angeben zu können, müssen wir eine feste Einheit haben, gerade so, wie wir Längen in Metern und Gewichte in Grammen als festen Einheiten ausdrücken. Leider aber ist es sehr schwer, eine gute und zuverlässige Lichteinheit herzustellen. In der Regel rechnet man nach sogenannten Normalkerzen. In England gilt als Normalkerze eine Walratkerze, von denen 6 auf ein englisches Pfund gehen, in Deutschland werden Stearin- oder Wachskerzen benutzt, am meisten aber jetzt Paraffinkerzen von 22 mm Durchmesser, deren Flammenhöhe 50 mm betragen soll.

Wegen der Unsicherheit dieser Kerzen hat man noch andre Einheiten aufgestellt. So hat SIEMENS vorgeschlagen, das Licht, welches 1 qcm schmelzenden Platins ausstrahlt, als Einheit zu wählen. Dieser Vorschlag ist jedoch gescheitert an der schweren Herstellung dieser Einheit. Am besten bewährt hat sich eine kleine Lampe von v. HEFNER-ALTENECK, in welcher Amylacetat brennt. Dieses kann chemisch rein hergestellt werden, und wenn der Docht eine bestimmte Dicke und die Flamme stets dieselbe Höhe hat, so bekommt man auch stets dieselbe Lichtstärke, welche nahezu gleich ist der der gebräuchlichen Normalkerzen. Auch eine Benzinflamme, welche in einer kleinen Lampe bestimmter Konstruktion mit einer Flammenhöhe von 20 mm brennt, gibt eine der Normalkerze entsprechende Helligkeit.

WEBER's Photometer.

430. Bei diesen Messungen setzen wir immer voraus, dass die Lichtintensität in einem Punkte vereinigt sei, was natürlich selbst bei kleinen Flammen nicht genau zutrifft. Wenn wir aber statt Flammen große leuchtende Flächen haben, dann trifft die Voraussetzung noch weniger zu und die beschriebenen Photometer werden

unbrauchbar. In den Fällen, welche uns am meisten interessiren, kommt es uns auch nicht sowohl darauf an, die Intensitäten von Lichtquellen zu messen, als vielmehr durch die Messung zu bestimmen, wie groß die Helligkeit an einer bestimmten Stelle ist, gleichgiltig ob dieselbe durch künstliches Licht oder Tageslicht bewirkt wird. Zu solchen Messungen hat LEONH. WEBER einen Apparat konstruirt, welchen Sie hier sehen. Man bringt an die Stelle, deren Helligkeit man messen will, einen weißen Papierschirm und vergleicht die Helligkeit desselben mit der einer andern Fläche, deren Helligkeit man verändern kann. Nehmen wir an, wir hätten eine Normalkerze, und stellen den weißen Schirm erst in einer Entfernung von 1 m und dann von 2 m auf. In letzterem Fall wird er viermal schwächer beleuchtet sein. Wir wollen die Helligkeit des Schirms im ersten Fall als Helligkeitseinheit wählen und bezeichnen dieselbe als 1 Meternormalkerze. Darunter verstehen wir also diejenige Helligkeit, welche erzielt wird, wenn eine Normalkerze in der Entfernung von 1 m aufgestellt ist. Denken Sie sich, dass 10 oder 100 Normalkerzen in 1 m Entfernung von dieser Tischfläche aufgestellt wären, so würde demnach die Helligkeit derselben = 10 oder = 100 Meternormalkerzen oder kürzer Meterkerzen (MK) sein. Hundert Normalkerzen oder, was dasselbe leisten würde, eine Flamme, welche die Intensität von 100 Normalkerzen hat, in einer Entfernung von 2 m würden natürlich nur ein Viertel der Helligkeit erzeugen, also 25 MK.

Um nun die Helligkeit, die jetzt auf der Tischfläche herrscht, zu messen, lege ich den Papierschirm auf den Tisch und richte das bewegliche Rohr des Photometers gegen denselben. Das vom Schirm reflektirte Licht dringt in den Apparat ein und trifft dort auf ein Diaphragma mit kleiner Öffnung. Sehe ich durch das Rohr, so erblicke ich deshalb ein kleines helles Feld auf dunklem Grunde. In dem Diaphragma ist noch eine zweite kleine Öffnung dicht neben der ersten und auf diese fällt das Licht, welches von einer Milchglasplatte ausgeht, die in diesem zweiten, senkrecht zum ersten stehenden Rohr angebracht ist. Dieses Licht wird durch ein totalreflektirendes Prisma parallel zu dem vom Papierschirm ausgehenden auf die zweite Öffnung geworfen; eine der Länge nach das erste Rohr durchsetzende Scheidewand trennt die beiden Lichtquellen vollkommen von einander ab. Die Milchglasplatte wird beleuchtet von einer Benzinflamme, welche bei richtiger Flammenhöhe (20 mm) genau einer Normalkerze entspricht. Die Helligkeit der Milchglasplatte muss nun offenbar abhängen von der Entfernung der Benzinflamme von ihr. Nun kann

ich aber die Milchglasplatte in dem horizontalen Rohr hin und her schieben. Je mehr ich sie von der Benzinflamme entferne, desto weniger hell wird sie. Ich verschiebe jetzt die Milchglasplatte so lange, bis die beiden kleinen hellen Felder, welche ich nebeneinander sehe, mir gleich hell erscheinen. Da solche Beobachtungen das Auge sehr ermüden, so lasse ich dasselbe etwas ausruhen, blicke dann abermals in den Apparat, und weil ich jetzt noch einen kleinen Unterschied in der Helligkeit bemerke, ändere ich die Stellung der Milchglasplatte noch ein wenig. Ich finde schließlich, dass ich die Platte in einer Entfernung von 9,6 cm von der Benzinflamme eingestellt habe.

Jetzt stelle ich folgende Berechnung an: Wäre die Milchglasplatte 1 m von der Benzinflamme entfernt, so würde ihre Helligkeit 1 MK sein; bei 1 cm Entfernung würde ihre Helligkeit gleich 100. 100. = 10000 MK. sein. Bei 9,6 cm Entfernung ist sie also = $\frac{10000}{9{,}6.9{,}6} = \frac{10000}{92{,}16} = 108{,}5$ MK. Bei praktischer Ausführung derartiger Messungen würde ich natürlich durch Benutzung von Logarithmen die Rechnung schneller durchführen.

Die Helligkeit von 108,5 Meterkerzen auf unsrer Kathedertischfläche wird durch drei große Siemens'sche Automatbrenner erzeugt. Wenn ich aber die Messung am Tage vorgenommen hätte, so würde mich ein Umstand sehr gestört haben: das Benzinlicht ist nicht so weiß wie Tageslicht. Dadurch wird die Vergleichung der Helligkeiten der beiden Felder sehr gestört, denn das vom Benzinlicht beleuchtete Feld erscheint im Vergleich zum andern orangefarben und unterscheidet sich deshalb auch bei gleicher Helligkeit sehr von jenem. Diese Schwierigkeit beseitigt Weber in folgender Weise. Er bringt zwischen das Auge und das Instrument ein rotes Glas. Dieses lässt sowohl vom Tageslicht wie vom Benzinlicht nur rotes Licht durch; die Felder sind deshalb gleich gefärbt und können unmittelbar auf ihre Intensität verglichen werden.

In diesem Falle haben wir aber nicht die wahren Helligkeiten gemessen, sondern nur denjenigen Bruchteil, welcher durch die roten Strahlen erzeugt wurde. Nun bilden aber die roten Strahlen des weißen Tageslichts einen andern Bruchteil des gesamten Tageslichts als die roten Strahlen des Benzinlichts vom gesamten Benzinlicht. Durch besondre Versuche ist ermittelt worden, dass man bei Messung von Helligkeiten des Tageslichts mit unserm Apparat den gefundenen Wert noch mit 3 multipliziren muss.

431. Für die Helligkeit an einer bestimmten Zimmerstelle kommt es sehr darauf an, wieviel von dem Himmelsgewölbe überhaupt zur Beleuchtung jener Stelle beitragen kann. Um die Größe der wirksamen Fläche des Himmels zu bestimmen, hat Prof. Weber einen kleinen Apparat konstruirt, den sogen. Raumwinkelmesser. Wenn wir von einem Winkel sprechen, meinen wir einen Winkel in der Fläche, den wir in Graden ausdrücken d. h. in Teilen des Kreisumfangs. Wenn wir aber das auf das Himmelsgewölbe übertragen d. i. auf eine Kugel, so können wir gerade so, wie wir den Kreis in 360 Grade teilen, die Kugelfläche in eine Anzahl kleiner Quadrate zerlegt denken und wir nennen Raumwinkel die Zahl, welche angibt, wie viele solcher Quadrate von den begrenzenden Flächen auf der Kugelfläche eingeschlossen werden. Sehen wir von einem Punkte eines Zimmers durch das Fenster nach dem Himmel, so wird dieser Raumwinkel begrenzt durch alle die Strahlen, welche von unserm Auge aus an den Fensterrändern streifend vorbei nach dem Himmel gezogen werden. Der Raumwinkel ist also die Spitze einer von unserm Auge ausgehenden Pyramide mit dem sichtbaren Teil des Himmels als Basis. Es erhellt aus dieser Erklärung, dass der Raumwinkel um so kleiner wird, je weiter wir uns von dem Fenster nach der entgegengesetzten Wand hin entfernen. Um ihn zu messen, verfahren wir nach Leonh. Weber in folgender Weise: Wir stellen eine Linse auf in einer gewissen Entfernung von einem Papier, welche der Brennweite der Linse entspricht. Das Licht, welches vom Himmel kommt, muß sich in der Brennebene der Linse vereinigen und zwar wird jedem Punkt des Himmels ein Vereinigungspunkt auf dem Papier entsprechen. Wenn wir die Größe dieses hell beleuchteten Flecks messen, was dadurch sehr erleichtert wird, dass das Papier in kleine Quadrate geteilt ist, so gibt diese den Raumwinkel an. Nun kommt aber abgesehen von der Größe des leuchtenden Himmelteils auch noch die Neigung in Betracht, mit welcher das Licht auf die Fläche fällt. Wäre das Fenster vertikal über dem zu beleuchtenden Platz, so würde das Licht als senkrecht auffallend betrachtet werden können. Ist es aber seitwärts, so fällt das Licht schief auf, und wir müssen den Neigungswinkel messen. Da das Fenster eine gewisse Ausdehnung hat, so kommt es darauf an, den mittleren Winkel zu bestimmen. Wir stellen daher das Grundbrett des Apparats horizontal, richten die vertikal gestellte Fläche, auf welcher das Papier aufgespannt ist, nach dem Fenster, neigen die Fläche so lange, bis das helle Bild gleichmäßig um den Mittelpunkt des Papiers verteilt ist und lesen an einem

Raumwinkelmesser.

Gradbogen den Neigungswinkel ab. Dieser ist dann gleich dem mittlern Neigungswinkel aller durch das Fenster einfallenden Strahlen.

Geringste ausreichende Helligkeit.

432. Durch verschiedene Versuche hat es sich herausgestellt, dass die geringste Helligkeit, welche wir brauchen, um längere Zeit bequem und ohne Schaden lesen oder schreiben zu können, mindestens 10 MK betragen muss d. i. eine Helligkeit, wie sie erzeugt würde durch Aufstellung von 10 Normalkerzen in einer Entfernung von 1 m. Man kann zwar noch bei geringeren Helligkeitsgraden feine Schrift lesen, aber doch nur mit Anstrengung und für kurze Zeit. In Zimmern findet man aber oft viel geringere Helligkeiten, besonders in den von den Fenstern entfernteren Teilen. Dies wird in Privatzimmern noch verschlimmert dadurch, dass die oberen Fensterteile, welche für die Beleuchtung am wirksamsten sind, durch Vorhänge zugedeckt werden, besonders bei der häßlichen und unpraktischen Methode, die Vorhänge sich schräge kreuzen zu lassen, wobei nur ein spitzer Winkel des Fensters frei bleibt. Die Vorhänge haben zweierlei Gründe, einmal einen rein ästhetischen und dann einen hygienischen, Licht abzuhalten, wenn es zu intensiv ist. Deßhalb sollten die Vorhänge seitlich verschiebbar sein. Vorhänge von ganz undurchsichtigem Stoff, welche die Fenster zum größten Teil verdecken, sind unpraktisch. Wir finden deshalb sehr häufig, dass es in der Nähe des Fensters vielleicht sehr hell ist, schon in geringer Entfernung vom Fenster aber viel zu dunkel, um zu lesen. Auch für Zimmerpflanzen ist das oft verhängnisvoll; wenn man den Blumentisch nicht dicht ans Fenster rückt, so kränkeln die Pflanzen meistens. Die Leute glauben dann wohl, das Gas sei schädlich, oder die Luft sei zu trocken, aber in Wirklichkeit ist es das mangelnde Licht. Überall, wo feinere Arbeiten zu verrichten sind, insbesondre also in Schulen, müssen wir darauf sehen, dass selbst an den ungünstigsten Plätzen an trüben Tagen die Helligkeit nicht unter das Minimalmaß von 10 Meterkerzen sinkt.

Lesen und Schreiben.

433. Handelt es sich um Lesen oder Schreiben, so ist die Aufgabe des Auges, dass es die Form der Buchstaben erkennt d. h. die Form der einzelnen Teile, aus denen sich der Buchstabe zusammensetzt. In dieser Beziehung unterscheiden sich die verschiedenen Schriften sehr, indem die einen aus gröberen Teilchen zusammengesetzt sind, die andern aus feineren. Letzteres gilt besonders für die sogen. deutsche Schrift. In ihr kommen feine Häkchen und Verlängerungen vor, welche die Unterschiede zwischen ähnlichen Buchstaben bedingen. In geringerem Grade ist dies bei der sogenannten lateinischen Schrift der Fall. Darum machen wir auch die

Erfahrung, dass Antiquaschrift sich leichter liest als gothische. Das geht schon daraus hervor, dass bei uns in Deutschland, wo die Antiquaschrift verhältnismäßig unbekannt ist, trotzdem Firmenschilder, von denen die Leute wünschen, dass sie gelesen werden, fast ohne Ausnahme mit lateinischer Schrift beschrieben werden. Als das Berliner Kunstgewerbemuseum gegründet wurde, kam im Verwaltungsausschuss auch die Frage zur Erörterung, in welcher Schrift die Erklärung der ausgestellten Gegenstände gegeben werden solle. Nach kurzer Zeit gestanden alle, dass die Besucher gar keinen Versuch gemacht hatten, die deutsch geschriebenen Zettel zu lesen, während sie es bei den lateinisch geschriebenen thaten.

Die leichtere Lesbarkeit der Antiquaschrift kann man auch durch Versuche bestätigen. Wenn man nämlich unter die Grenze von 10 MK geht, so hört die Möglichkeit des Lesens nicht auf, aber es macht mehr Anstrengung. Nimmt man sehr kleine Schrift und sucht die niederste Grenze, so findet man sie ungefähr zwischen 2—4 Normalmeterkerzen Helligkeit. Dabei zeigt sich die lateinische Schrift leichter lesbar; bei dieser liegt die Grenze für mein Auge bei $2 \frac{1}{2}$ MK, für deutsche Schrift von gleicher Größe bei 4 MK.

434. Wenn wir uns überlegen, dass wir unsre Kinder zwingen, a c h t verschiedene Alphabete zu lernen, nämlich die deutsche und die lateinische Druck- und Schreibschrift und von jeder die großen und die kleinen Buchstaben, so folgt, dass wir ihnen ganz unnötiger Weise nicht nur die doppelte, sondern noch mehr als die doppelte Arbeit aufbürden, weil die lateinische Schrift sich leichter lernt. Wir machen die Erfahrung an andern Nationen, welche nur die lateinische Schrift gebrauchen, dass man die sogenannte deutsche Schrift, welche im Grunde nichts weiter ist als eine aus der Antiquaschrift durch Verschnörkelung entstandene Mönchsschrift, und welche bei jenen Nationen als Zierschrift ausnahmsweise ja auch Verwendung findet, im späteren Alter von selbst und ohne besondre Mühe lernt. Es wäre aber um so wünschenswerter, dass wir allmählich die deutsche Schrift aufgäben, da in der Zeit des Lesen- und Schreibenlernens jede Entlastung des Kindes nur von Vorteil sein kann, außerdem aber der ausschließliche Gebrauch der Antiquaschrift auch für die ganze Lebensdauer dem Auge weniger Anstrengung auferlegt. Schriftarten.

Alles dies bezieht sich nicht nur auf die Druck-, sondern auch auf die Schreibschrift, ja auf diese noch mehr, weil bei ihr der Unterschied zwischen Haar- und Grundstrichen das Auge noch besonders anstrengt. Bei der Schreibschrift kommt aber noch ein zweiter Um-

stand in Betracht. Es ist jetzt Mode geworden, dass die Schrift eine gewisse schiefe Lage zur Schreiblinie hat. Diese Mode veranlasst die Lehrer darauf zu halten, dass die Kinder sich diese Schrift angewöhnen. Nun haben einige Ärzte gemeint, dass dadurch ein Nachteil entstehe. Wenn nämlich das Heft gerade vor dem Schüler liegt und die einzelnen Linien horizontal sind und trotzdem schief von rechts oben nach links unten geschrieben werden soll, so müsse das nachteilige Folgen haben wegen der unsymmetrischen Anspannung der Augenmuskeln beider Seiten. Man solle daher entweder zur steilen Schrift zurückkehren oder das Heft schräg legen, so dass die Linien nach rechts hin etwas ansteigen. Prof. Berlin in Stuttgart, welcher auch diesem Gegenstand seine Aufmerksamkeit zugewendet hat, ist der Meinung, dass die schräge Schrift bei schiefer Lage des Schreibhefts ohne Nachteil für die Augen sei. Nach meinen persönlichen Erfahrungen muss ich dem zustimmen. Die schiefe Lage des Papiers hat noch einen andern Vorteil: Wenn man von links nach rechts mit der Schrift der Linie folgt, geht das von selbst durch Drehung des Vorderarms um den Ellenbogen als Drehpunkt, während, wenn man bei gerader Schrift zu schreiben versucht, man entweder nach oben hinauf schreibt, wie Humboldt, oder man fortwährend den Arm verrücken muss. Im übrigen sollten die Lehrer in den Schulen auf die Einübung einer kräftigen Schrift mit deutlichen, gedrungenen Formen, etwa von dem Charakter der sogenannten Rundschrift, sehen und in Bezug auf die Lage des Heftes keinen zu strengen Zwang ausüben.

Zu erkennende Helligkeitsdifferenzen.

435. Für das Erkennen von Formen, wie es beim Lesen notwendig ist, kommt nicht die absolute Helligkeit in Betracht, sondern das Verhältnis der Helligkeit des Papiers zur Helligkeit der Schrift. Wenn man ein Buch liest, so soll man schwarze Buchstaben auf weißem Grund unterscheiden; dies ist nur möglich, wenn die Helligkeitsunterschiede groß genug sind. Aus demselben Grunde muss beim Schreiben die Tinte entsprechend dunkel sein, damit eine genügende Helligkeitsdifferenz hergestellt werde. Deshalb ist die Benutzung der Schiefertafeln häufig schädlich, da der Grund sowohl wie auch die Schrift gleichmäßig grau sind, so dass die Differenz fast = 0 wird. Angenommen, wir hätten ein Papier und darauf sei ein Buchstabe gedruckt, der groß genug ist, dass er deutlich gesehen werden könnte. Es fällt Licht von gewisser Intensität auf das Papier. Dieses reflektirt nicht alles Licht, sondern nur einen bestimmten Teil. Wie groß die Helligkeit des Papiers ist, können

wir messen. Angenommen, von dem weißen Papier werden (und das ist nur bei gutem weißen Papier der Fall) 90 % des auffallenden Lichts reflektirt. Wäre der Buchstabe absolut schwarz, so würde er gar kein Licht zurückwerfen; aber das ist nicht der Fall. Der Buchstabe wirft immer einiges Licht zurück, etwa 5—10 %. Also hat man ein Verhältnis von 90 zu 10, welches wir bei mittlerer Intensität des Lichtes sehr gut unterscheiden können. Wenn aber die Intensität der Beleuchtung sehr klein oder sehr groß ist, dann wird das Unterscheidungsvermögen der Netzhaut viel geringer, und es kann dahin kommen, dass der Unterschied nicht mehr erkannt wird. So grelle Beleuchtungen kommen nur vor, wenn man das Papier direkt in das ungeschwächte Sonnenlicht bringt. Dagegen die zu geringe Beleuchtung kann in der Dämmerung und in schlecht beleuchteten Zimmern wohl eintreten. In solchen Fällen hilft sich der Lesende unwillkürlich damit, dass er das Auge dem Papier nähert. Von jedem Punkte des Papiers geht ein Strahlenbüschel aus. Was davon ins Auge gelangt, hat die Gestalt eines Kegels, dessen Basis die Pupille ist; je näher das Auge ist, desto mehr von den Strahlen fängt es auf. Durch diese Annäherung des Auges wird also bei ungenügender Beleuchtung das Sehen verbessert, aber auf Kosten einer übermäßigen Anstrengung des Akkomodationsapparats.

Ganz dasselbe gilt auch für den Fall, dass bei einer an sich genügenden Beleuchtung das Papier zu wenig Licht reflektirt oder die schwarzen Buchstaben zu viel. Ist das Papier grau statt weiß, so reflektirt es vielleicht nur 50 % des auffallenden Lichts statt 90 %. Und sind die Buchstaben grau statt schwarz (was bei großen Auflagen namentlich bei den spätern Abdrucken leicht eintritt), so reflektiren sie vielleicht 30 % des auffallenden Lichts statt 10 %. Das Helligkeitsverhältnis zwischen Buchstabe und Papier wird dann = 3 : 5, statt dass es = 1 : 9 sein sollte. Um so leichter wird dann die Helligkeitsdifferenz unter die Grenze der Erkennbarkeit sinken.

436. Ein normales Auge kann bekanntlich scharfe Bilder auf seiner Netzhaut entwerfen von Gegenständen, welche etwa 150—180 mm vom Auge entfernt sind (Lage des N a h p u n k t s), bis zu unendlich entfernten Gegenständen. Zur E r k e n n u n g eines Gegenstandes aber, z. B. eines Buchstaben, genügt es nicht, dass ein scharfes Bild des Gegenstands auf der Netzhaut entsteht, sondern es müssen auch die einzelnen Teilchen, aus denen sich das Bild zusammensetzt, groß genug sein, um in ihren Formen erkannt zu werden. Man kann ja ein jedes solches Bild als eine Mosaik kleiner Punkte auffassen; eine

Sehschärfe.

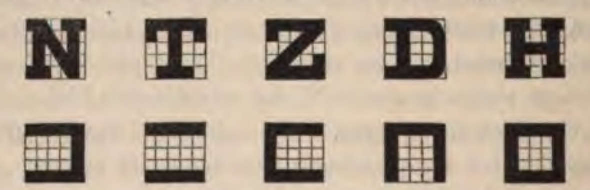
klare Vorstellung von der Form des Bildes kann dann offenbar nur entstehen, wenn jeder dieser Punkte für sich gesondert zur Wahrnehmung kommt.

Die beim Buchdruck üblichen Schriften schwanken in ihrer Größe (dem Kegel, wie die Buchdrucker sagen) sehr erheblich. Die Schriften tragen verschiedene Benennungen; neuerdings werden die Größenverhältnisse nach Punkten bezeichnet. Die üblichsten sind:

	Diamant	Perl	Nonpareille	Petit	Garmond	Cicero
	Diamant	Perl	Nonpareille	Petit	Garmond	Cicero
Punkte	4	5	6	8	10	12

	Mittel	Tertia	Text	Doppelcicero
	Mittel	Tertia	Text	Doppelcicero
Punkte	14	16	20	24.

Da die Buchstaben dieser Schriften ziemlich verwickelte Formen darstellen, so hat man für augenärztliche Untersuchungen eigene Schriften konstruirt, bei denen die Buchstaben aus einzelnen Quadraten bestehen, deren Bildgröße auf der Netzhaut ein gewisses Maß hat, je nach der Entfernung, aus welcher man sie ansieht. Die Probebuchstaben von Snellen, von denen ich hier einige als Beispiele abbilde, sind so konstruirt, dass sie, aus einer bestimmten Entfernung gesehen, auf der



Netzhaut einen Winkel von 5 Minuten, die einzelnen Teile derselben Winkel von 1 Minute einschließen. Dieses Maß entspricht der durchschnittlichen Empfindlichkeit (Sehschärfe) normaler Augen. Finden wir bei einem Menschen, welcher nicht kurzsichtig ist, dass die Entzifferung bei der richtigen Entfernung nicht möglich ist, dann hat er keine normale Sehschärfe. Finden wir z. B., dass eine Schrift, welche für 20 m bestimmt ist, nur bei 10 m Entfernung gelesen werden kann, so drücken wir seine Sehschärfe durch die Formel $S = \frac{10}{20}$ aus, d. h. sie ist nur gleich der Hälfte der normalen. Zeigt es sich, dass dieser Mensch bei größern Entfernungen als 10 m selbst größere Schriften nicht mehr erkennen kann, so würde das andeuten, dass er zugleich etwas kurzsichtig ist, indem sein Fernpunkt bei 10 m liegt.

Die unter den Buchstaben stehenden Zeichen dienen zur Prüfung solcher Personen, welche nicht lesen können.

Die Sehschärfe hängt aber auch von der Beleuchtung ab. Man hat durch Versuche gefunden, dass sie innerhalb der Beleuchtungsgrenzen von 10 MK bis zu den größten Helligkeiten, bei denen Blendung eintritt, sich nicht erheblich ändert. Unter 10 MK dagegen sinkt sie sehr schnell, so dass sie schon bei $2^1/_2$ MK einen sehr geringen Wert hat und bei 2 MK fast = 0 ist.

437. Wir sind deshalb bei ungenügender Beleuchtung gezwungen, der mangelnden Sehschärfe dadurch nachzuhelfen, dass wir unser Auge dem Objekt nähern, wodurch die Bilder auf der Netzhaut größer werden. Ein normales Auge pflegt beim Lesen oder Schreiben sich etwa in einer Entfernung von 25—30 cm vom Buch zu halten, was eine mäßige Anspannung des Akkomodationsapparats voraussetzt. Nähert man das Auge noch mehr, so erfordert das eine viel größere Akkomodationsanstrengung. Diese ist aber mit Ermüdung verbunden, daher kann das Lesen nur kurze Zeit fortgesetzt werden. Wenn solche Anstrengungen einem zarten Kinde wiederholt zugemutet werden, dann kommt es schließlich dazu, dass der Akkomodationsapparat entweder erlahmt und dann die Akkomodation darunter leidet, und dass Kopfweh, Schmerzen in den Augen, Thränen derselben, Flimmer und andre Störungen entstehen. Oder aber die Akkomodationsmuskeln verfallen durch die immer wiederholte Anstrengung in dauernde Verkürzung. Die Veränderung, welche die Linse bei der Akkomodation für die Nähe erfährt, ist nicht etwa so aufzufassen, als übten die Muskeln einen Druck auf die Linse aus, sondern im Gegenteil die Linse wird, trotzdem sie das Bestreben hat sich sehr stark zu wölben, wegen ihrer Einschließung in die Linsenkapsel und der Befestigung der letztern an die Zonula Zinnii immer abgeplattet. Die Wirkung des Akkomodationsmuskels aber besteht darin, dass er die Zonula Zinnii abspannt, so dass die Linse, ihrer eignen Elastizität folgend, sich stärker wölben kann. Geschieht das wiederholt, dann wird die Chorioidea etwas nachgeben, die Zonula wird schlaff und die Linse bleibt dauernd stärker gewölbt. Dann ist aber der Mensch kurzsichtig, d. h. er kann auch ohne besondre Akkomodationsanstrengung nicht mehr deutliche Bilder von entfernten Gegenständen auf seiner Netzhaut abbilden.

Akkomodationsanstrengung.

438. Dass Kurzsichtigkeit noch auf andre Weise zu Stande kommen kann, ist selbstverständlich. Zum Teil ist sie sicher ein angeborenes Leiden. Das Auge kann zu lang gebaut sein schon bei der

Kurzsichtigkeit.

Geburt; das nennen die Ophthalmologen den angeborenen Langbau des Auges. Es kann auch die Schlaffheit der Zonula angeboren sein, so dass bei dem einen die Kurzsichtigkeit leichter eintreten kann, als bei dem andern. Auf diese Annahme wird man geführt durch die so häufigen Fälle, dass die kurzsichtigen Kinder auch kurzsichtige Eltern haben; aber zu viel ist nicht darauf zu geben. Dass sehr oft die Kurzsichtigkeit entsteht und sich entwickelt innerhalb der Schuljahre, das geht aus der Statistik hervor, indem die Kurzsichtigkeit nirgends so verbreitet ist, als bei Personen, die eine gelehrte Erziehung bekommen haben; auf dem Land ist sie viel seltner als in der Stadt. Auf den Gymnasien kann man die Augen verfolgen und der Prozentsatz der Kurzsichtigen nimmt von Klasse zu Klasse zu. Besonders in alten Gebäulichkeiten mit mangelhafter Beleuchtung findet man bis zu 60% Kurzsichtige in den höheren Klassen. Nun könnte man sagen, das sei kein großer Fehler, er könnte korrigirt werden durch passende Gläser. Aber Kurzsichtigkeit ist doch immer ein Mangel, und hohe Grade können su schweren Störungen des Auges führen. Wir finden nicht selten, dass hochgradig Kurzsichtige in frühem Alter erblinden, oder so schwachsichtig werden, dass sie nur mit Mühe die größte Druckschrift zu lesen im Stande sind. Zur Entwicklung der Kurzsichtigkeit trägt nicht bloß bei die übergroße Annäherung des Auges an die Schrift, sondern auch die damit verbundne, nach vorne übergebeugte Haltung des Kopfes. Wenn ein Kind gezwungen ist, das Auge der Schrift zu nähern, dann muss es auch unwillkürlich den Kopf überbeugen. Neben der ungenügenden Beleuchtung wird diese schädliche Haltung besonders auch durch unzweckmäßige Formen der Tische und Bänke in den Schulen verschuldet.

Der schon erwähnte Mangel der gerade bei jüngern Kindern viel benutzten Schiefertafeln hat zu Versuchen angeregt, dieselbe zu verdrängen durch eine weiße Tafel. Wenn es gelingt, eine gute weiße Tafel herzustellen und einen Stift, mit dem man gut schwarz schreiben kann, so würde das sehr nützlich sein. Wo es gerade nicht auf Ersparnis von Papier ankommt, sollte die graue Schiefertafel ganz verbannt sein. Dass aber manche Schulhygieniker auch vorgeschlagen haben, die Wandtafel weiß zu machen und darauf schwarz zu schreiben, scheint mir auf einem völligen Misverständnis der einschlagenden Verhältnisse zu beruhen. Ein völlig schwarzer Hintergrund und eine weiße Schrift sind für das Auge eben so nützlich, vielleicht noch nützlicher als das Umgekehrte. Dagegen muss alles, was den Kindern von weitem geboten wird an Wandtafeln, Landkarten, Zeichnungen

etc., deutlich genug sein, um aus der Entfernung hinreichend gesehen zu werden. Die Schulmaterialien, Bücher etc. dürfen keinen zu engen oder weiten Druck, müssen gutes, weißes Papier und gesättigt schwarze, nicht glänzende Schrift haben. Beobachtet man ein Kind, welches die ersten Schreibversuche macht, oder Kinder, welche nur zum Zeitvertreib malen oder kritzeln, so sieht man, dass sie die Neigung haben, mit dem Kopf viel näher an das zu Sehende heranzugehen, als nötig ist. Kinder sind häufig etwas hypermetropisch; aber ihre Akkomodationsmuskeln sind kräftig genug, um trotzdem selbst in großer Nähe das Sehen zu ermöglichen. Da sie noch nicht darin geübt sind, schwierigere Formen zu erkennen, so suchen sie das Bild auf ihrer Netzhaut so groß als möglich zu machen. Wenn man aber gestattet, dass sie dieser Neigung zu sehr nachgeben, oder wenn man in einem etwas spätern Alter dem Streben, allzukleine Buchstaben zu schreiben, sich mit dem Kopf fast auf das Papier zu legen, nicht fest entgegentritt, dann geht die Weitsichtigkeit leicht in Kurzsichtigkeit über und letztere bildet sich in einer Weise aus, dass sie nicht mehr bekämpft werden kann. Gegen das erwähnte Streben muss man zuweilen durch mechanische Mittel, Kopfhalter oder Kinnstützen, vorgehen. Die Hauptsache bleibt aber immer, dass man für genügendes Licht und für gute Bänke und Tische sorgt.

Achtundvierzigste Vorlesung.

Schulhygiene.

Überbürdung der Schüler. — Erholungspausen. — Zahl der Schüler in einer Klasse. — Fehlerhaftes Sitzen. — Dimensionen der Bänke. — Normalbank. — Schulzimmer und Schulhäuser. — Schulkrankheiten.

Überbürdung der Schüler.

439. Wir haben in der vorigen Vorlesung schon so viel von den Verhältnissen der Schule sprechen müssen, dass ich es für zweckmäßig halte, hier gleich noch etwas mehr über Schulhygiene anzuschließen. In dem zarten Alter der Kindheit und Jugend, mindestens nach unsern Einrichtungen vom 7. bis 14. Lebensjahre, wird jedes Kind täglich mehrere Stunden in der Schule festgehalten, und es verlohnt sich wohl der Mühe zu untersuchen, ob und welche schädliche Folgen etwa für das Kind hieraus entstehen, und wie denselben vorzubeugen ist.

Diese Schuljahre sind zugleich die Jahre bedeutender körperlicher und geistiger Entwicklung, in denen die Kinder viel bildsamer sind und äußern Einflüssen viel weniger Widerstand zu leisten fähig sind als Erwachsene. Wir müssen uns vor allen Dingen die Frage vorlegen, ob den Kindern in allen oder in einem Teil der Schulen zu große Anstrengungen zugemutet werden. In der That ist gerade in den letzten Jahren wieder sehr viel von Überbürdung der Schuljugend gesprochen worden, wobei man freilich weniger die Volksschulen, als vielmehr die höheren Anstalten, Gymnasien und höhere Töchterschulen, im Auge hatte. Dieses Zuviel kann entweder bestehen darin, dass die Schüler zu lange für ihre gesunde, körperliche Entwicklung in der Schule gehalten werden, oder dass ihnen zuviel geistige Anstrengung und daneben außerdem noch häusliche Arbeiten zugemutet werden, so dass schließlich unter der zu großen Last der einzelne, nicht genügend kräftig organisirte Schüler unterliegen muss. Es ist sehr schwer, über diese Frage der Überbürdung ein bestimmtes Urteil abzugeben, schon aus dem einfachen Grunde, weil erstlich die Begabung und Arbeitskraft der Schüler sehr verschieden ist, und weil zweitens die Verhältnisse von Schule zu Schule sehr wechseln. Trotzdem den Schulen in ganz Deutschland im großen und ganzen ein und derselbe Organisationsplan zu Grunde liegt, trotzdem bis in die klein-

sten Einzelnheiten hinein den Lehrern vorgeschrieben ist, was und wie sie unterrichten sollen, und trotzdem sie in der strengsten Weise angewiesen sind, mit den häuslichen Arbeiten nicht zu viel Ansprüche an die Kinder zu stellen, sieht man doch, dass der eine Lehrer die Maßregeln ganz anders handhabt, als der andere.

Dass hie und da Überanstrengungen vorkommen, ist unzweifelhaft, zumal besonders in den höhern Schulanstalten eine große Anzahl von Schülern sitzt, welche den Aufgaben der Schule nicht vollkommen gewachsen sind. Vorzugsweise, weil es ihnen darauf ankommt, die Berechtigung zum Einjährigfreiwilligen-Dienst zu erwerben, besuchen viele trotz ungenügender oder nach andren Richtungen ausgebildeter Veranlagung die Lehranstalten, welche eigentlich nur bestimmt sind, die Vorbildung für gewisse gelehrte Berufsarten zu gewähren. Dazu kommt dann nicht selten, dass neben der Schule die Eltern auch noch Ansprüche an die Kinder stellen, indem sie verlangen, dass sie Musik, Zeichnen etc. lernen, was dann zur Schulzeit hinzukommt, Nebenforderungen, auf welche der Lehrer nicht genügend Rücksicht nimmt, vielleicht auch nicht gut nehmen kann. Wo es sich also herausstellt, dass ein Kind überbürdet ist, und wo der Fehler an zu geringer oder anders gearteter Anlage des Schülers liegt, gibt es kein anderes Abhilfsmittel, als den Eltern zu sagen, dass sie besser thäten, dem Kinde eine andere Erziehung zu gewähren. Wenn der Lehrer über Gebühr die Schüler in Anspruch nimmt, so würde er auf sein rechtes Maß zurückgeführt werden müssen. Wenn aber der Lehrplan daran Schuld sein sollte, so würden wir uns mit andern zu verbinden haben, um eine Änderung desselben anzustreben. Es wird das allerdings nicht leicht durchzuführen sein, da über die Art und das Maß dessen, was für die geistige Ausbildung der Jugend notwendig und nützlich ist, durchaus keine Übereinstimmung herrscht. Beispielsweise sind die Anforderungen, welche an junge Mädchen der höhern Stände gestellt werden, meiner Meinung nach vielfach zu groß. Sie sollen zwei bis drei fremde Sprachen, Naturwissenschaften, Musik, feinere Handarbeiten und noch vieles andre lernen. Nicht selten ist körperliches Siechtum und Bleichsucht die Folge davon. In der Volksschule können wir von einer Überbürdung wohl weniger reden, wenn auch manchmal zu viel Gedächtniskram verlangt wird.

440. Wenn wir nur die möglichst gute, kräftige Körperentwicklung berücksichtigen wollten, so müssten wir uns entschieden gegen jedes Stillsitzen während einer Reihe von Stunden an jedem Erholungspausen.

Tage in oft dumpfen Schulstuben erklären. Denn das ist schon an und für sich nicht vorteilhaft für die Gesundheit. Aber wir können die Schule nicht entbehren und müssen deshalb ihre Zwecke mit den Anforderungen der Hygiene so gut als möglich in Einklang bringen. Daran freilich müssen wir festhalten, dass im zarten Alter von 6—12 Jahren ein Kind unmöglich 2—3 Stunden hintereinander still sitzen darf, sondern dass kleine Pausen eintreten müssen, bei den jüngern Kindern wenigstens alle Stunde, bei den höhern Altersstufen mindestens nach je zwei Stunden. Diese Pausen sollen etwa $^1/_4$ Stunde währen und sind am besten auszufüllen mit Spielen, bei denen die Kinder sich selbst überlassen werden. Daher ist bei jeder Schule ein Spielplatz nötig und für schlechtes Wetter ein gedeckter Platz, ein luftiger Korridor oder eine Turnhalle. Man könnte vielleicht daran denken, diese Pausen zum Turnen zu verwenden und den systematischen Turnunterricht so zwischen die wissenschaftlichen Unterrichtsstunden einzulegen, dass etwa nach zwei Stunden Unterricht die Kinder $^1/_2$ Stunde turnten. Ich halte das aber nicht für zweckmäßig und zwar aus zwei Gründen. Einmal ist es wünschenswert, dass die Kinder in den Unterrichtspausen ganz sich selbst überlassen sind und nicht kommandirt werden zu Übungen, welche sie im Zaum halten. Spielen oder Spazierengehen ist für den vorliegenden Zweck der geistigen Erholung wirksamer als Turnen. Zweitens aber glaube ich, dass unmittelbar nachdem man die Schüler $^1/_2$ Stunde lang hat turnen lassen, der Übergang zu wissenschaftlichen Übungen kein günstiges Ergebnis liefern würde. Daher soll man die Turnstunden an das Ende des Unterrichts legen oder auf die freien Nachmittage; aber man soll zwischen die Unterrichtstunden kleine Erholungspausen einschalten. Während der Pause sollte strenge darauf gesehen werden, dass die Schüler das Schulzimmer verlassen. Denn erstens braucht man die Pausen, um die Schulzimmer zu lüften, und dann brauchen die Kinder den Luftwechsel.

Zahl der Schüler in einer Klasse.

441. Eine wichtige hygienische Frage ist es, wie viele Schüler gleichzeitig in einer Klasse unterrichtet werden sollen. Jedenfalls soll diese Zahl niemals ein gewisses Maß überschreiten, wenngleich es schwer ist, dieses Maß auf Grund sichrer Daten festzustellen. Ist die Zahl der Schüler sehr groß, so muss auch, da wir für jedes Kind genügenden Luftraum verlangen müssen, das Schulzimmer sehr groß sein. Dann aber wird der Lehrer sich sehr anstrengen müssen, um auch den entfernt Sitzenden verständlich zu werden. Ferner können die Kinder nicht gut erkennen, was an Wandtafeln etc. gezeigt wird.

Mehr als 40 Schüler bieten in diesen Beziehungen schon große Schwierigkeiten; jedenfalls sollte die Zahl nicht über 50 steigen. Würden wir aber auf dieser Zahl bestehen, so würden wir die meisten Schulen unmöglich machen. Namentlich auf dem Lande sind vorläufig noch Klassen von 60 und mehr Schülern nicht selten.

Je größer aber die Zahl der Schüler, je kleiner der Luftkubus ist, um so mehr muss man für gute Ventilation sorgen. In dieser Beziehung werden sich die einfachsten Einrichtungen am besten empfehlen, so die Einführung von Mantelöfen, welche zwischen Ofen und Mantel Luft ansaugen (vgl. § 189). In größern Schulgebäuden lässt sich auch die Ventilation mit einer Zentralheizung, z. B. Luftheizung, zweckmäßig verbinden. Auch ist dafür zu sorgen, dass bei schlechtem Wetter die Überröcke, Schirme etc. nicht mit in das Schulzimmer gebracht werden; denn die Luftverderbnis rührt viel weniger von den Kindern, als von den durchnässten, beschmutzten und bestaubten Kleidungsstücken her. Es lassen sich leicht Vorkehrungen treffen, dass auf den Korridoren oder in besonders dazu bestimmten Räumen die Überkleider abgelegt werden. Die Frage nach dem Raum, welchen das einzelne Kind in Anspruch nimmt, ist nur in geringem Grade abhängig von der Beschaffenheit der Sitze. Rechnen wir z. B. auf jeden Sitz im Durchschnitt einen halben Quadratmeter und eben so viel auf die nötigen Zwischenräume, Gänge u. s. w., so würde auf jedes Kind 1 qm Grundfläche und bei 4 m Zimmerhöhe ein Luftkubus von 4 Kubikmeter kommen, was offenbar sehr wenig ist und nur bei sehr guter Ventilation erträglich sein würde. In der That hängt die Raumabmessung der Schulzimmer noch von vielen andern Umständen ab, insbesondre von der Rücksicht auf die Beleuchtung, hinsichtlich welcher ich auf die vorhergehende Vorlesung verweise.

442. Sehr viel wichtiger ist aber die Beschaffenheit der Sitze und Tische hinsichtlich ihrer Konstruktion zur Herstellung einer guten Körperhaltung und Vermeidung von Störungen, welche gerade bei dem zarten Körper der Schuljugend sehr leicht entstehen. Es ist sehr auffallend, wie man so lange Zeit das Misverhältnis unbeachtet lassen konnte, welches bei den meisten Schulbänken zwischen der Höhe des Tisches und der Bank herrschte. Wenn wir die Kinder im häuslichen Leben beobachten, wo die Stühle zum Gebrauch der Erwachsenen hergestellt werden, dann finden wir, dass der Abstand zwischen Stuhl und Tisch für das Kind zu groß ist und dass es entweder auf dem Stuhl kniet oder genötigt ist, den Arm sehr hoch zu erheben, um auf den Tisch zu langen. Das kommt auch in Schulen vor, wenn auch in **Fehlerhaftes Sitzen.**

geringerm Maße. Das hat zunächst den Nachteil, dass die Schrift dem Auge zu nahe kommt, außerdem aber ist die Erhebung des rechten Arms verbunden mit einer Krümmung der Wirbelsäule nach rechts, wodurch die Muskeln, welche die Wirbelsäule beugen, auf der linken Seite eine übermäßige Anstrengung, die rechtseitigen Muskeln hingegen eine Zerrung erfahren. Dauert ein solcher Zustand, täglich wiederkehrend, lange Zeit an, so verfallen die ersteren Muskeln in Kontraktur, die gezerrten Muskeln dagegen werden schwächer, was zuletzt zu bleibenden Rückgratverkrümmungen führen kann.

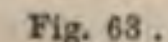


Fig. 63.



Ein Blick auf nebenstehende Fig. 63 lässt erkennen, wie diese Misbildung entsteht, und es ist auch leicht zu verstehen, warum sie häufiger bei Mädchen vorkommt, deren Skelett zarter und weniger widerstandsfähig ist, zumal sie die Nachteile des Schullebens nicht in demselben Maße wie Knaben durch Turnen und lebhafte Bewegungen in freier Luft ausgleichen. Es folgt auch unmittelbar aus diesen Betrachtungen, warum die Verkrümmung immer nach rechts (als *Scoliosis dextra*) auftritt.

Dimensionen der Bänke.

443. Das erste und oberste Erfordernis für eine gut gebaute Schulbank muss daher sein, dass die Sitzhöhe zur Tischhöhe im richtigen Verhältnis steht. Wenn das Kind auf der Bank sitzt, muss der Tisch so hoch sein, dass die Vorderarme bei senkrecht herabhängenden Oberarmen bequem auf der Tischplatte aufliegen; also der Unterschied zwischen Sitz- und Tischhöhe muss gleich sein dem Abstand der Sitzknorren vom Ellbogen. Wir wollen diese Zahl, in Zentimetern ausgedrückt, die Höhendistanz nennen und mit h^1 bezeichnen. Wir müssen dann aber noch die zweite Frage aufwerfen, wie hoch der Sitz sein soll. Damit das Kind gut und ohne Schaden sitzen kann, ist es nötig, dass die Füße auf dem Boden aufstehen. Ist das nicht der Fall, so wird es die herabhängenden Beine hin und herschlenkern und sich dadurch zerstreuen. Es werden aber außerdem die zarten Bänder des Kniegelenks gedehnt, da sie die Last des Unterschenkels und Fußes tragen müssen. Dies kann den Grund abgeben zur Entstehung des *Genu valgum*, der sogenannten X-Beine,

welche nicht nur den Menschen verunzieren, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Beine zum Tragen der Körperlast beim Stehen und Gehen verringern. Deshalb ist also die Höhe der Bank so zu berechnen, dass die Kniekehle gerade auf dem Vorderrande der Bank aufruht und der Unterschenkel mit dem Fuss auf dem Boden steht. Daraus ergibt sich die Bankhöhe (h^2) als gleich der Länge des Unterschenkels, gemessen von der Fußsohle bis zur Kniekehle. Wir werden ferner verlangen, dass die Tiefe oder Breite der Bank so berechnet sei, dass Oberschenkel und Gesäß vollkommen unterstützt sind. Ist sie zu breit, so kann der Rücken nicht angelehnt werden; ist sie zu schmal, so wird der Druck sich auf eine kleinere Fläche verteilen. Man gibt auch zweckmäßiger Weise der Bank eine kleine Aushöhlung nach hinten, entsprechend dem Gesäß, und rundet sie vorn, wo sie der Kniekehle sich anpassen soll, ab. Eine zweckmäßig geformte Rückenlehne ist unbedingt notwendig. Wenn die Wirbelsäule bei aufrechter Haltung lange ohne Stütze gehalten wird, so kann dies nur geschehen durch Muskelanstrengung, welche wir dem Kinde nicht unnötiger Weise zumuten dürfen. Diese Stütze muss mindestens bis an den untern Winkel des Schulterblatts heraufreichen. Sie kann natürlich, wenn mehrere Bank- und Tischreihen hintereinander stehen, für jede Bank durch die folgenden Tische gebildet werden, so dass nur die letzte Bank einer besondern Rückenlehne bedarf. In der Mehrzahl der Schulen ist es Sitte, dass das Kind, wenn es aufgerufen wird, aufsteht. Aus diesem Grunde und um es zu ermöglichen, dass bei längern Bänken die Kinder an ihre Plätze gelangen können, sah man sich genötigt, zwischen dem vorderen Rand der Bank und der Tischplatte einen gewissen Zwischenraum freizulassen. Man bezeichnet diesen Abstand, welchen man findet, wenn man von dem Tischrande ein Lot nach abwärts zieht und misst, in welcher Entfernung dasselbe von dem Vorderrande der Bank entfernt bleibt, als die Horizontaldistanz (h^3). Sie beträgt in der Regel einige Zentimeter, bald etwas mehr, bald etwas weniger, je nach dem es der Verfertiger für passend hält. Es hat dies jedoch einen großen Nachteil; die Kinder müssen sich, besonders beim Schreiben, nach vorn überbeugen. Dadurch wird ein Druck auf den Brustkasten ausgeübt, welcher mit der ganzen Schwere des Oberkörpers gegen den Tischrand angedrückt wird. Außerdem kommt der Kopf in geneigte Stellung und dem Buche viel näher als nötig, so dass die Akkomodationsanstrengung zu Hilfe genommen werden muss, um gut zu sehen, und endlich geht der Nutzen der Rückenlehne wieder ver-

loren. Wir können eine normale Haltung, bei der die Wirbelsäule unterstützt ist, nur dann dauernd erhalten, wenn wir die Tischplatte so weit hinüberschieben, dass die Horizontaldistanz negativ wird und über die Sitzbank hinausragt, so dass also das vom Tischrande nach unten gefällte Lot nicht vor, sondern um einige Zentimeter hinter den vordern Bankrand fällt. Man hat verschiedene Versuche gemacht, um die durch solche Minusdistanz entstehenden Schwierigkeiten beim Aufstehen der Schüler sowie beim Hinein- und Herausgehen zu vermeiden. Entweder hat man die Tischplatte aus zwei Teilen, die durch ein Scharnir mit einander verbunden sind, machen lassen, so dass der eine Teil auf den andern zurückgeklappt werden kann; oder man machte die Tischplatte im ganzen beweglich, so dass man sie zurückschieben konnte. Die beste Lösung der Aufgabe scheint mir aber darin gefunden zu sein, dass der Sitz, nicht der Tisch beweglich gemacht wird.

Normalbank.

Fig. 64.



444. Einen Schultisch dieser Art, welcher sich nach meinen Erfahrungen sehr bewährt hat, liefert die Fabrik von Lickroth & Co. zu Frankenthal in der bayrischen Pfalz. Derselbe ist in einer etwas abgeänderten Form, wie sie für den Gebrauch im Hause angefertigt wird, in Fig. 64 dargestellt. Der Sitz ist befestigt an einem eisernen Gestell, welches unten seinen Drehpunkt hat und zwischen dessen Stangen eine Längsleiste sich befindet. Sowie das Kind aufsteht, dreht der Sitz sich von selbst nach hinten (wobei sich derselbe unter den nächst hintern Tisch schiebt), und wenn sich das Kind setzen will, drückt es den Sitz wieder von selbst in seine richtige Lage zurück. Die Minusdistanz ist, wie man aus der Zeichnung sieht, eine sehr erhebliche (3—4 cm), so dass das Kind

gezwungen ist, gerade zu sitzen und die Rückenlehne zu benutzen. Die Tischplatte besteht aber aus zwei Teilen, so dass der dem Kinde zugewendete Teil ganz zurückgeklappt oder auch schräg gestellt werden kann, um als Lesepult zu dienen.

Wenn auch bei dieser Konstruktion das Aufstehen und das Ein- und Ausgehen nicht schwer ist, wird es dennoch zweckmäßig sein, dass die Bänke nicht gar zu lang sind, sondern nur für 2 bis höchstens 4 Kinder. Solche kurze Bänke mit dazwischen freibleibenden Gängen, welche nicht allzubreit sein brauchen, erleichtern es dem Lehrer sehr, zu jedem einzelnen Kinde zu gelangen, um seine Arbeit zu beobachten, ihm die nötige Nachhilfe zu gewähren u. s. w., was alles im pädagogischen Interresse sehr wünschenswert, aber auch hygienisch vorteilhaft ist, weil dadurch eine gleichmäßigere Verteilung der Luft zu erreichen ist.

Für den häuslichen Gebrauch ist das in Fig. 64 dargestellte System um so mehr zu empfehlen, weil die für Erwachsene eingerichteten Möbel für die Kinder natürlich nicht passen und die kleinen Stühlchen oder Bänkchen, welche die Eltern anschaffen, meist auch nicht zweckmäßig gebaut sind und, wenn sie auch anfangs passen, beim Wachsen der Kinder bald unbrauchbar werden. Um die in unsrer Fig. 64 dargestellte Hausbank der jedesmaligen Größe des Kindes anzupassen, ist sie so eingerichtet, dass man den Sitz in horizontaler Richtung verschieben und gleichzeitig zu heben und zu senken vermag. Durch Einlage eines Bodens in verschiedener Höhe ist den Füßen Gelegenheit zur richtigen Auflage gegeben. Man kann diese Bank so einstellen, dass sie für Kinder von 6–16 Jahren ausreicht.

In den Schulen ist das nicht durchzuführen, sondern da muss man für jedes Kind einen passenden Sitz auswählen. Wir werden annehmen können, dass in einer und derselben Schulklasse die Kinder nicht zu weit in Größe und Alter auseinandergehen. Über das gewöhnliche Maß hinausgehende Kinder werden immer die Ausnahme bilden, und für solche wird man anderweitig sorgen müssen. Freilich, wenn wir dieses System einführen, muss von einer Schulsitte Abstand genommen werden, auf welche manche Lehrer viel, andre weniger Wert legen, nämlich das sogenannte Zertiren. Auch auf das Aufstehen beim Aufrufen eines Schülers wird von vielen Lehrern kein Wert gelegt, aber die genannte Konstruktion gestattet es ohne Schwierigkeit.

Für gewöhnlich wird es genügen, wenn man für jede Schulklasse drei verschiedene Größen von Bänken hat. Der Lehrer braucht dann

nur am Anfange des Schuljahrs die Kinder nach der Größe zu ordnen und jedem seinen Sitz anzuweisen, den kleinsten auf den vordern, niedrigern Bänken, dann den mittlern und zu hinterst den größten. Einzelne Wechsel kann er, wenn sie im Verlauf des Jahres nötig werden, immer noch anordnen. Nach den Erfahrungen in deutschen Schulen kann man folgende Durchschnittsmaße zur Richtschnur nehmen.

Alter der	Größe Schüler	h^1	h^2	$-h^3$	Tiefe der Tisch-platte	Tiefe des Sitzes	Tischlänge für 1 Schüler
6—8	100—115	21	31	−2 bis −4	32	23	50
8—10	116—130	23	34		33	25	53
10—12	131—140	25	38		34	28	56
12—14	141—156	27	42		35	30	60
14—16	157—168	29	45		36	32	63
16—18	169—180	32	47		37	33	65

Wenn man sieht, welchen Ärger die Mütter haben und welche Qualen sie den Töchtern bereiten, um eine gerade Haltung zu erzwingen, während ein passender Stuhl das leicht bewirkt, so würde den einen wie den andern sehr viel unangenehmes erspart werden.

Die Frage, ob die Tische ganz eben sein sollen oder etwas geneigt, scheint nicht sehr wichtig zu sein, denn es kommt dabei ganz auf die Gewohnheit an. In der Regel wird eine geringe Neigung vorgezogen (etwa 5 cm auf 35 cm Tischbreite). Vorne kann eine kleine Leiste angebracht sein und hinten muss ein ebener Teil sein, auf welchen man Federn etc. legen kann, ohne dass sie heruntergleiten; ferner muss das Tintenfass bequem und sicher untergebracht sein. Unter dem Tisch kann ein Brett zum Ablegen der Schulbücher angebracht sein, und öfter wird hinten ein Einschnitt gemacht, in welchen die Schiefertafel versenkt werden kann. Das Übereinanderschlagen der Beine ist bei diesem Sitzen nicht möglich (man stößt eben an das Bücherbrett an), aber das ist auch nicht notwendig.

Schulzimmer und Schulhäuser.

445. Nehmen wir an, dass für jeden jüngern Schüler eine Sitzbreite von 0,5 und eine Tiefe des Sitzes (Tisch und Bank zusammen) von 0,66 m, für ältere Schüler Breite 0,6, Tiefe 0,8 m, also für ersteren 0,33, für letzteren 0,48 q m nötig sind, so ergeben sich für letztere etwa folgende Zahlen: 48 Schüler in 8 Reihen. Je 2 Schüler

haben eine gemeinsame Bank, zwischen denen und den Wänden Gänge frei bleiben;

6 Sitze zu je 0,6 m	= 3,6 m
Breite der Gänge zusammen	= 2,8 m
Also Breite oder Tiefe des Schulzimmers	= 6,4 m
8 Sitzreihen zu je 0,8 m	= 6,4 m
Vordrer Gang, Raum für Katheder und Tafel	= 2,0 m
Hinterer Gang	= 1,0 m
Also Länge des Schulzimmers	= 9,4 m

Mithin Flächenraum = rund 60 qm.

Jedenfalls sollte ein Schulzimmer nicht mehr als 10 m lang und 8 m tief sein. Bei letzterer Tiefe wird schon die Beleuchtung Schwierigkeiten machen.

Werden mehrere solche Schulzimmer in einem größeren Gebäude vereinigt, so sollen dieselben alle an einer Seite desselben liegen und an ihnen entlang ein genügend breiter Korridor mit Fenstern nach der andern Seite verlaufen. Zwei einander gegenüber liegende Reihen von Schulzimmern mit einem mittlern Korridor sind zu vermeiden, da ein solcher Gang in der Mitte des Gebäudes nicht genügend Luft und Licht empfangen kann. Bei der ersteren Anordnung hingegen ist nicht nur für die Schulzimmer wie für den Korridor genügende Beleuchtung vorhanden, sondern auch die Möglichkeit einer sehr wirksamen Lüftung durch Öffnen der Thüren und Fenster.

Der Bauplatz für ein Schulgebäude soll, wenn irgend möglich, in freier Lage, entfernt von andern Gebäuden, gewählt werden. Er soll trocken, jedenfalls nicht Überschwemmungen ausgesetzt sein und, wenn nötig, durch Drainirung trocken gelegt werden. Beim Bau ist auf Trockenheit der Wandungen zu sehen; das Erdgeschoss darf nicht unmittelbar auf dem Erdboden aufliegen, sondern muss unterkellert werden. Die Kellerräumlichkeiten müssen mindestens 1 m über dem Niveau der Umgebung hervorragen; sie können bei größern Gebäuden für die Anlage einer Zentralheizung nützliche Verwendung finden. Die Treppen müssen durch direktes Licht von außen erleuchtet werden. Sie müssen genügend breit, gerade ansteigend (keine Wendeltreppen) sein; die Stufen 30 cm breit und 14—15 cm hoch. Der Feuersicherheit wegen macht man sie am besten aus Stein, der hart genug ist, dass sich die Stufen nicht austreten.

Der Fußboden der Korridore und Schulzimmer muss von hartem

Holz und gut gefugt sein, damit sich kein Staub und Schmutz in den Ritzen ansammle. Am besten ist sogenannter Eichenriemenboden (Parkettboden). Um ihn gut waschen zu können, empfiehlt es sich, ihn mit heißem Leinöl zu tränken und mit Ölfarbe zu streichen.

Schulkrankheiten. **446.** Außer den schon erwähnten Störungen der Gesundheit, Rückgratsverkrümmungen und Kurzsichtigkeit können wir als Schulkrankheiten d. h. Störungen, welche durch das Leben in der Schule veranlasst werden, noch anführen: Kopfweh, Nasenbluten, Zirkulationsstörungen, Ernährungsstörungen (Anämie, Chlorose), Verdauungsstörungen und viele andre. Kopfweh und Nasenbluten sind sehr häufig bei Schulkindern. Sie werden weniger durch die schlechte Haltung bei mangelhaften Schulbänken, als vielmehr durch schlechte Luft bei ungenügender Ventilation, die oft viel zu hohe Temperatur, im Winter wegen Überheizung, die ungenügende Belichtung, die zu große und zu einseitige geistige Anstrengung verursacht. Zirkulationsstörungen in den Brust- und Bauchorganen werden durch unzweckmäßige Haltung und zu langes Sitzen veranlasst. Sehr häufig wird im Schulalter der Grund zu Hämorrhoidalbeschwerden gelegt, teils durch das viele Sitzen, teils durch Vernachlässigung der regelmäßigen Darmentleerung. In Folge dessen treten nicht selten hartnäckige Verstopfungen ein, gegen welche die Eltern bei Zeiten Abhilfe treffen sollten, da sie wiederum die Ursache von Kopfweh und andern Beschwerden und zu später sich entwickelnden schwereren Störungen werden. Dass sich auch Kropf als Folge der übergebeugten Kopfhaltungen entwickeln könne, der in den Ferien wieder verschwinde, wie behauptet worden ist, halte ich für unbewiesen.

Die Chlorose, deren Entstehung bei Mädchen zwischen dem 14. und 18. Jahre mit der Pubertätsentwicklung zusammenhängt, wird sicherlich durch die Einflüsse der Schule, den Mangel an Bewegung, die schlechte Luft, ungenügendes Licht u. s. w., verstärkt und begünstigt. Bei höhern Graden von Bleichsucht bleibt, wenn die gewöhnliche Behandlung mit Eisenpräparaten keinen Erfolg hat, nichts übrig, als den Schulbesuch zeitweise auszusetzen und die Mädchen ins Gebirge, an die See oder mindestens aufs Land zu schicken.

Es ist nicht zu leugnen, dass besonders die höhern Schulen mit ihren größern Anforderungen an die Jugend einen großen Teil der Schuld an der schwächlichen Entwicklung der sogenannten bessern Stände haben. Von denjenigen, welche auf Gymnasien die Berechtigung zum einjährigen Militärdienst erwerben, erweisen sich später mehr als 50% als dienstuntauglich. Solche Zustände können

wir nicht als normale ansehen. Wir müssen die Ursachen der nachteiligen Einflüsse zu erforschen und Abhilfe zu schaffen suchen. Einstweilen wollen wir hoffen, dass die Bemühungen zur Verbesserung der Sitze, der Ventilation u. a. etwas nützen, dass Turnen und fleißiges Spazierengehen, dass Ausflüge in die freie Natur an den Sonntagen und längerer Aufenthalt im Gebirg und an der See während der Ferien den schädlichen Einwirkungen einigermaßen entgegen arbeiten.

Neunundvierzigste Vorlesung.

Künstliche Beleuchtung.

Theorie der Flamme. — Kerzen und Kerzendochte. — Regelung der Luftzuführung zur Flamme. — Prinzip der Regenerativbrenner. — Farben der Flammen. — Elektrisches Licht. — Verbesserung durch blaue Gläser.

Theorie der Flamme.

447. Die künstliche Beleuchtung ist bei häuslichen Arbeiten, in manchen Schulen, in Hörsälen der höhern Lehranstalten und endlich in den Gewerben sehr wichtig. Noch vor 30 Jahren war die bei uns übliche Beleuchtung eine ziemlich dürftige. Den jetzigen Fortschritt verdanken wir der Auffindung der Petroleumquellen in Pennsylvanien. Auch in Russland und in Deutschland sind solche Quellen aufgefunden worden. Die letztern sind jedoch sehr spärlich, sodass die große Mehrzahl unsres Volks immer noch auf das amerikanische Erdöl angewiesen bleibt. Jede Flamme, sie mag entstehen aus welchem Material auch immer, ist im Grunde genommen eine Gasflamme. Entweder ist das Gas schon fertig dargestellt und wird uns in Röhren zugeführt, oder wir bereiten uns das Gas selbst aus festem oder flüssigem Brennstoff in Kerzen oder Lampen.

In den Kerzen wird das Brennmaterial, welches aus Fett besteht, geschmolzen, saugt sich in den Docht ein, wird dann vergast, und die Gase werden verbrannt. Wenn aber Gase brennen, geben sie nur ein sehr schwaches Licht; helle Flammen werden nur erzielt durch feste Körper, welche ins Glühen geraten. Damit wir eine leuchtende Flamme erhalten, muss in der Gasflamme noch eine Umsetzung vor sich gehen. Alle Gase, welche zum Leuchten gebraucht werden, enthalten sehr viel Kohlenstoff. Indem dieser nicht sofort vollständig zu Kohlensäure verbrennt, sondern sich teilweise als Ruß ausscheidet, gerät dieser ausgeschiedene Teil durch die Hitze der Flamme ins Glühen und die weißglühenden Kohlenpartikelchen geben erst die helle Leuchtkraft. Wenn ich diese kalte weiße Porzellanplatte in die Kerzenflamme halte, wird letztere abgekühlt; dadurch wird die Verbrennung der Kohlenpartikelchen gestört und dieselben schlagen sich als Rußschicht auf der Platte nieder. Lasse ich Leuchtgas aus einer Röhre ausströmen und entzünde dasselbe, so

erhalten wir eine leuchtende Flamme. Wenn aber das Gas reichlich mit Luft gemischt wird, ehe wir die Flamme entzünden, wie dies im BUNSEN'schen Brenner geschieht, so verbrennt das Gas fast vollständig und gibt eine schwach leuchtende Flamme, welche aber bedeutend heißer ist. Die Mischung mit Luft geht innerhalb einer Kerzenflamme nicht so vollständig vor sich, sondern kommt nur zu Stande, indem von den Seiten Luft zugeführt wird. Dadurch wird bewirkt, dass die Flamme aus verschiedenen Teilen besteht: Im Innern sehen Sie einen um den Docht liegenden dunklen Teil. In diesem geht die Destillation des aufgesogenen Brennstoffes vor sich. Indem das hier entwickelte Gas sich mit der sauerstoffhaltigen Luft mischt, kann es verbrennen. Doch ist die Mischung nicht so vollständig, dass alles Gas vollständig verbrennen könnte; sondern es scheiden sich kleine Partikelchen von Kohle aus, werden glühend und die Flamme wird hell leuchtend. Endlich sehen Sie zu äußerst einen schwach leuchtenden Saum, in welchem keine festen Partikelchen mehr enthalten sind.

448. Dass in der That die Leuchtkraft auf diese Weise zu Stande kommt, können wir sehen, wenn wir in eine heiße, nicht leuchtende Flamme einen festen Körper bringen, welcher darin bis zum Glühen erhitzt wird. Wenn ich in die Flamme des Bunsenbrenners etwas Staub hineinblase, wird dieselbe stark leuchtend. Auf solche Weise wird das DRUMMOND'sche Kalklicht hergestellt, ebenso beruht die elektrische Beleuchtung auf dem Glühen eines Stoffes, eines Platindrahts, eines Kohlenfadens oder feiner Kohlepartikelchen. Der Docht bei den Kerzen verbrennt natürlich auch; bei den alten Talglichtern war dies bekanntlich nur sehr unvollständig der Fall. Durch ein sehr einfaches Verfahren bewirkt man, dass der Docht beim Brennen sich krumm biegt und am Rande der Flamme herauskommt. Dort ist der Sauerstoffzutritt so groß, dass der Docht verbrennen kann und dass, wie GÖTHE es wünschte, sich das Licht selber schnäuzt. Das Mittel besteht darin, dass man den Docht mit einer Lösung von Borsäure tränkt und wieder trocknen läßt. Statt der Borsäure soll auch arsenige Säure zu diesem Zweck verwandt worden sein. Es hat dies vielleicht zu der Fabel von Vergiftungen durch brennende Kerzen Veranlassung gegeben. Eine irgend erhebliche Menge von Arsen im Docht würde jedenfalls zur Bildung übelriechender und qualmender Nebel führen. Es muss wohl früher manchmal derartiges vorgekommen sein. Wenigstens erzählt der berühmte Chirurg STROMEYER eine ergötzliche Geschichte, welche ihm hier in Erlangen begegnet ist, wo er 1838—41 Professor der Chirurgie war. Zum Vorstand der Gesell-

Kerzen und Kerzendochte.

schaft „Harmonie“ erwählt, wollte er sein Amt mit Glanz antreten. Er ließ deshalb für einen Ballabend die damals hier noch unbekannten Stearinkerzen aus Regensburg kommen. Als aber die Gäste sich versammelten, fanden sie den Saal so mit übelriechenden Nebeln erfüllt, dass man sich genötigt sah, wieder zur alten Beleuchtung zurückzukehren.

Regelung der Luftzuführung zur Flamme.

449. Will man mit einem gegebenen Brennstoff die höchstmögliche Leuchtkraft erzielen, so muss immer eine passende Zuführung von Sauerstoff stattfinden. Wird zu wenig zugeführt, dann verbrennt der Kohlenstoff nicht vollkommen, und wir erhalten eine rußende Flamme. Wird zu viel Luft zugeführt, dann findet vollständige Verbrennung statt, ohne dass die Kohlenteilchen ausgeschieden werden und die Leuchtkraft ist gering. Wird aber die Zufuhr geregelt, dann kann man es zu einer hohen Leuchtkraft bringen. Bei Gasbrennern z. B. lässt man das Gas nicht durch ein rundes Loch, sondern durch einen schmalen Schlitz ausströmen, wodurch erzielt wird, dass der Gasstrom dünn und breit und die Berührung mit der Luft eine vollkommnere ist. Dasselbe kann erzielt werden durch Anwendung eines Brenners, bei welchem das Gas durch zwei feine Kanäle strömt, welche so ausgebohrt sind, dass ihre Mündungen nahe beieinander stehen, so dass die Gasströme aufeinanderstoßen und sich dadurch abplatten; es entsteht eine Flamme, welche mit der breiten Seite senkrecht auf der Ebene der Kanäle steht. Die Brenner führen verschiedene Namen nach den Formen der Flammen, welche sie geben. So nennt man die Schlitzbrenner Fledermaus-, die andren Fischschwanzbrenner. Den größten Effekt aber erzielt man, wenn man die Flamme im Kreise herumbiegt, indem man das Gas zwischen zwei konzentrischen kreisförmigen Ringen, oder durch eine Anzahl feiner Löcher, welche auf einem ringförmigen Kanal angeordnet sind, ausströmen lässt. Umgibt man einen solchen Rundbrenner (Argandbrenner) noch mit einem zylindrischen Zugglase, so wird ein starker Luftstrom erzeugt, welcher das Gas von innen wie von außen mit Sauerstoff versieht. Will man dasselbe Prinzip auf flüssige Brennstoffe anwenden, so verwendet man einen zylindrisch gekrümmten, flachen Docht. Man kann die Wirkung noch erhöhen, wenn man den Zylinder dicht über der Flamme verengt oder einschnürt und dadurch den Luftstrom zwingt, sich mehr in die Flamme hineinzubegeben. Um dasselbe auch für die innere Verbrennungsluft zu erzielen, setzt man in den Hohlraum des Brenners einen Stift, der oben eine horizontale runde Platte trägt. Man erzielt ferner eine sehr intensive Verbrennung dadurch, dass man zwei platte Flammen etwas

gegeneinander geneigt nach oben konvergiren lässt. Der durch die erzeugte Hitze entstehende starke Luftzug drängt die Flammen auseinander und bewirkt so eine bessere Mischung der zur Verbrennung notwendigen Luft mit den zu verbrennenden Gasen. Wie wichtig Luftzuführung ist, sehen wir am besten, wenn wir an einem Rundbrenner entweder den äußern oder innern Luftzug ausschalten; dann wird die Flamme sofort dunkler und zugleich, weil nicht aller Kohlenstoff verbrennt, rußig.

450. Man darf aber auch wieder nicht zu viel Luft zu der Flamme zuleiten, weil sonst die Verbrennung gleich vollständig erfolgt, ohne dass sich feste Kohlenpartikelchen ausscheiden. Die Flamme wird dann schwachleuchtend wie die des Bunsenbrenners. Luftzufuhr und Brennmaterial müssen also immer in richtigem Verhältnis zu einander stehen. Außerdem ist aber noch ein Umstand hinderlich für die völlige Verwertung des Brennmaterials. Da nämlich durch die zugeführte Luft die Flamme abgekühlt wird, ist die Verbrennung nicht ganz so intensiv, wie sie sein könnte. Man kann das verbessern durch folgende einfache Einrichtung. Wenn wir einen gewöhnlichen Rundbrenner haben, der bei passender Einstellung eine gute Flamme gibt, unterhalb desselben aber einen ringförmigen Teller und auf diese einen zweiten weitern Zylinder stellen, so kann die Luft nur von oben zu dem Brenner kommen, indem sie zwischen dem äußern und innern Zylinder erst nach abwärts geht. Dadurch dass sie an dem heißen Zylinder vorbeiströmt wird sie vorgewärmt, und man bekommt eine viel hellere Flamme. Dieses Prinzip ist in der Technik der Beleuchtung (und Heizung) sehr ausgebildet worden von F. Siemens in Dresden. Derartige Brenner werden als Regenerativbrenner bezeichnet, weil die Wärme der Flamme benutzt wird, um die Luft vorzuwärmen und diese vorgewärmte Luft wieder der Flamme zugeführt wird. Das Regenerativprinzip ist in verschiedenen Formen durchgeführt worden. Die großen Brenner, mit welchen wir unsern Hörsaal beleuchten, sind Siemens'sche Automatbrenner. Bei ihnen wird das Leuchtgas sowohl wie die zur Verbrennung dienende Luft vorgewärmt und dadurch die große Helligkeit erzielt, welche, wie Sie gesehen haben, hier auf dem Katheder rund 110 MK beträgt. In ähnlicher Weise wirken die Siemens'schen Regenerativbrenner, deren einer in einem Nebenzimmer in Verwendung ist. Sie dienen auch vielfach zur Straßenbeleuchtung und Sie können sich jeden Abend von seiner Überlegenheit über andre Gaslaternen auf dem hiesigen Marktplatz überzeugen.

Prinzip der Regenerativbrenner.

Wir kommen mit einer viel geringern Luftzufuhr aus, wenn wir statt atmosphärischer Luft reinen Sauerstoff anwenden. Auch hierbei muss natürlich das Verhältnis von Sauerstoff zum Brennmaterial richtig bemessen sein. Führen wir zu viel Sauerstoff zu, dann wird die Flamme heißer, aber dann verbrennen die Kohlenteilchen sofort, und wir bekommen eine heiße nicht leuchtende Flamme.

Farben der Flammen.

451. Bei jedem festen Körper, welcher ins Glühen gerät, können wir feststellen, dass, wenn er allmählich immer stärker und stärker erhitzt wird, er zuerst nur dunkle Wärmestrahlen aussendet, dann rot glühend wird und rote Strahlen aussendet und erst wenn er zur Weißglut erhitzt wird, weißes Licht, welches wie das Licht der Sonne, alle Arten farbigen Lichts enthält. Diese höchste Glut können wir nur erreichen, indem wir durch ein Gebläse in eine Leuchtgas- oder Wasserstoffflamme eine passende Menge Sauerstoff hineinblasen, und dann in diese heiße Flamme Kalk oder Iridium, kurz einen Körper bringen, welcher glühend wird. Solches Licht unterscheidet sich vom Sonnenlicht nur dadurch, dass es die FRAUNHOFER'schen Linien nicht zeigt, welche erst in der Sonnenatmosphäre entstehen. Wenn wir aber die gewöhnliche Gasflamme oder die einer Petroleumlampe spektroskopisch untersuchen, so sehen wir, dass diese durchaus nicht ganz diese höchste Weißglut zeigen, sondern dass sie in ihrer Zusammensetzung von dem Sonnenlicht sich unterscheiden dadurch, dass das violette Ende des Spektrums viel weniger stark entwickelt ist als rot und orange, weil das Glühen in ihnen verhältnismäßig schwach ist. Je höher die Temperatur, desto geringer wird der Unterschied, aber ganz ausgeglichen wird er niemals. Deshalb zeigen selbst die besten Gasflammen, die scheinbar vollkommen weiß sind, wenn man sie mit dem Tageslicht vergleicht, eine orange Färbung. Wir können diese Färbung unsrer Flammen sehr schön nachweisen durch die von GÖTHE entdeckte Erscheinung der farbigen Schatten: Wenn wir einen Stab vor einem weißen Hintergrund so aufstellen, dass einerseits das Tageslicht Schatten wirft, andrerseits ein künstliches Licht, so sehen wir, dass die Schatten nicht schwarz sind, sondern der eine orange, der andre blau gefärbt ist. Die Erklärung ist folgende: Wenn wir die Papierfläche betrachten, so wirkt auf diese die Gasflamme sowohl wie das Tageslicht. Da das Gaslicht orange gefärbt ist, so ist die Fläche nicht ganz rein weiß beleuchtet, sondern etwas gelblich, aber so wenig, dass wir es nicht bemerken. Nur wo das Tageslicht nicht hin kann, an der Stelle also, wo der von ihm erzeugte Schatten ist, bemerken wir es. Dagegen die Stelle, welche nur vom Tageslicht

beleuchtet ist, also da, wo der Schatten des Gaslichts sich befindet, erscheint auf dem schwach gelblichen Grunde durch Kontrast blau. Daher können wir aus der Existenz der farbigen Schatten beweisen, dass die Flammen nicht ganz reinweißes Licht geben. Wir können aber auch das Experiment benutzen um Flammen miteinander zu vergleichen. Da wir jetzt kein Tageslicht zur Verfügung haben, so erzeuge ich zwei Schatten einerseits von dieser Gaslampe, andrerseits von dieser Sauerstoff-Leuchtgaslampe. Sie sehen ganz deutlich, dass der eine Schatten blau, der andre gelb aussieht, und das beweist, dass in der gewöhnlichen Leuchtgasflamme die gelben Strahlen verhältnismäßig überwiegen.

452. Auch das elektrische Bogenlicht, welches durch einen fortwährend zwischen den aus harter Retortenkohle bestehenden Elektroden übergehenden Funkenstrom von glühenden Kohlenpartikelchen gebildet wird, unterscheidet sich von dem Tageslicht in seiner Färbung, aber in etwas anderer Weise. In ihm ist der violette und ultraviolette Teil, der auf unser Auge sehr schwach wirkt, verhältnismäßig stärker entwickelt als im Sonnenlicht, so dass sich das elektrische Licht gut zum Photographiren eignet. Wegen dieses Vorwiegens der brechbareren Strahlen, welche gerade im Gaslicht fehlen, macht letzteres im Vergleich zum elektrischen immer einen roten Eindruck. Mit Sonnenlicht verglichen erscheint aber elektrisches Licht auch rötlich, hauptsächlich weil in ihm die grünen Strahlen relativ schwach vertreten sind.

Elektrisches Licht.

Das elektrische Glühlicht wird erzeugt, indem man einen dünnen Kohlefaden durch einen elektrischen Strom so erhitzt, dass er glühend wird. Um das Verbrennen der Kohle zu vermeiden, ist dieselbe in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen. Da man keine zu große Hitze anwenden darf, welche den Faden sehr schnell zerstören würde, so wird derselbe nicht weißglühend und das von ihm ausgehende Licht ist dem unsrer sonstigen Lampen sehr ähnlich.

453. Da es kein künstliches Licht gibt, welches in seiner Färbung ganz mit dem Tageslicht übereinstimmt, so ist es von Wichtigkeit zu untersuchen, ob diese verschiedene Färbung auf unser Sehen von Einfluss ist. Bei ganz minimalen Lichtstärken ist die Empfindlichkeit unsres Auges am größten für grünes Licht. Da in unsern sämtlichen künstlichen Beleuchtungsapparaten das grüne Licht gerade der schwächste Teil ist, so können wir schließen, dass bei geringer Gesamthelligkeit wir bei künstlicher Beleuchtung weniger gut sehen, als bei Tageslicht. Steigt aber die Helligkeit über das Minimum, so

Verbesserung durch blaue Gläser.

wächst die Erregung unsrer Sehnervenfasern am schnellsten für den Teil des Spektrums, welcher uns als gelb erscheint. Und da dieser Teil in den künstlichen Flammen relativ stark vertreten ist, so erklärt es sich, warum diese sehr leicht blendend wirken. Man hat deshalb darnach getrachtet, dieses Übergewicht des gelben Lichts zu mildern, z. B. dadurch, dass man statt farbloser Glaszylinder schwach blau gefärbte anwendete. Solche blassblaue Zylindergläser sind besonders bei Benutzung von Lampenlicht beim Mikroskopiren, aber auch bei jeder andern feinern Arbeit angenehm. Dagegen ist man von der Benutzung blauer oder grüner Gläser zum Schutz sehr empfindlicher Augen am Tage abgekommen und verwendet statt ihrer (z. B. bei Gletscherwanderungen) graue Gläser, sogenanntes Rauchglas, welches die Gesamtintensität des durchgehenden Lichts vermindert, ohne jedoch die relative Stärke der einzelnen Lichtgattungen zu verändern. Wenn wir ein helles Licht, das nicht ganz wie das Tageslicht zusammengesetzt ist, allein sehen, so fehlt uns übrigens der Vergleichungsmaßstab und wir halten es für weiß, ja wir können das gelbe bzw. grüne Licht einer Natrium- oder Baryumflamme, wenn es sehr intensiv ist, nicht von einem weißen unterscheiden. Noch weniger wird das natürlich bei den doch nur schwach rötlichgelb gefärbten Flammen unsrer Lampen der Fall sein. Dieselbe Gasflamme, welche während der Abenddämmerung, wo noch das Tageslicht mit ihm verglichen werden kann, rot erscheint, halten wir eine Stunde später für rein weiß. Wenn es sich aber darum handelt, farbige Gegenstände zu erkennen, ist häufig das Lampenlicht vollkommen unzureichend. Gelbe Körper erscheinen bekanntlich bei Lampenlicht weiß, blaue häufig grün. Alle Beschäftigungen, bei denen feinere Farbenunterscheidungen notwendig sind, z. B. Buntstickerei, Malen u. d. g., sind also bei Lampenlicht für die Augen sehr anstrengend. Von der elektrischen Beleuchtung (mit Bogenlicht), welches dem Tageslicht in seiner Zusammensetzung am ähnlichsten ist, können wir in dieser Beziehung große Vorteile erwarten.

Fünfzigste Vorlesung.

Hygienische Anforderungen an künstliche Beleuchtung.

Verbrennungprodukte der Lampen. — Wärmeproduktion. — Abhaltung direkten Lichts von den Augen. — Lampenschirme. — Durchscheinende Glocken. — Fettöllampen. — Anforderungen an eine gute Lampe.

454. Da alle künstliche Beleuchtung (mit Ausnahme der elektrischen) durch Verbrennung kohlenstoff- und wasserstoffhaltiger Stoffe zustande kommt, so haben wir zu untersuchen, ob die dabei entstehenden Verbrennungsprodukte, welche in der Regel ins Zimmer gelangen, einen hygienischen Schaden anzurichten im Stande sind. Wir können freilich diese Verbrennungsprodukte auch ableiten, wie dies z. B. bei den Automatbrennern unsres Hörsaals geschieht. Die durch die heißen Gase erzeugte Luftströmung ist sogar notwendig, um eine reichliche Ansaugung von Luft zu den Brennern zu erzeugen. Und da diese Luft und die durch ihre Mitwirkung erzeugten Verbrennungsgase aus dem Saal fort ins Freie geführt werden, so tragen die leuchtenden Flammen zugleich auch zur Ventilation des Raums bei. Dies ist bei unserm Hörsaal nicht gerade von Bedeutung, weil derselbe auf andre Weise genügend ventilirt wird. In vielen Fällen wäre aber eine solche Verwertung der Beleuchtung sehr nützlich, nicht bloß um die Verbrennungsprodukte fortzuführen, sondern ganz besonders weil die Temperatur der Räume durch die Beleuchtung oft sehr über das wünschenswerte Maß gesteigert wird.

Verbrennungsprodukte der Lampen.

CO_2 und Wasserdampf, die hauptsächlichsten Produkte der Verbrennung aller Leuchtbrennstoffe, sind unschädliche Körper; sie können selbst in sehr erheblichen Mengen sich ansammeln ohne zu schaden. Wenn aber die Flammen nicht gut brennen, wenn sie wegen zu geringer Sauerstoffzufuhr rußen, dann können auch Produkte unvollkommener Verbrennung sich der Zimmerluft mitteilen. Wir wissen ja, dass, wenn eine Lampe zu hoch geschraubt ist, sich feine Rußteilchen im Zimmer verbreiten. Aber diese sind kein chemisch reiner Kohlenstoff. Es entstehen vielmehr Destillationsprodukte aller Art, auch halbverbrannte Gase und Dämpfe von unbekannter und wechselnder Zusammensetzung und diese können schädlicher Natur sein.

wächst die Erregung unsrer Sehn…
Teil des Spektrums, welch…
Teil in den künstl…
klärt es sich, wa…
deshalb darnach…
mildern, z. B. …
blau gefärbte …
sonders bei …
auch bei je…
von der B…
pfindlich…
(z. B. b…
glas, …
mind…

Alle diese Kohlenwasserstoffverbindungen, die den Übergang zwischen dem ursprünglichen in der Flamme verbrennenden, hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Gasgemenge zu CO_2 und H_2O bilden, dann die unzersetzten Kohlenwasserstoffe selbst und die sonstigen Bestandteile des Leuchtgases (CO, H_2S, u. a.), sowie die bei der Destillation der fetten Brennstoffe in Lampen und Kerzen entstehenden Verbindungen sind nicht unschädlich. Es ist aber schwierig, des genaueren zu sagen, worin die Schädlichkeit besteht. Bei den Stoffen, welche der Luft vom Menschen beigemischt werden, haben wir gefunden, dass sie nicht chemisch nachweisbar sind und dass man aus Mangel einer direkten quantitativen Bestimmung den Kohlensäuregehalt als Maßstab für die Luftverderbnis ansieht. Wir nehmen an, dass die schädlichen Produkte in gleichem Maße wie die Kohlensäure ausgeschieden werden und dass die Luft, wenn sie reich an CO_2 ist, auch reich sei an jenen schädlichen Substanzen. Schon damals (§ 152–153) wies ich darauf hin, wie unsicher jener Maßstab sei. Wenn aber Flammen in einem Zimmer brennen, dann ist es noch weniger möglich, aus der Menge von CO_2 einen Schluss zu ziehen. Die Flammen verhalten sich eher umgekehrt wie die Menschen. Je mehr CO_2 aus einem gegebenen Brennmaterial entsteht, desto besser. Nur wenn die Verbrennung unvollständig ist, dann entstehen statt der ganz unschädlichen CO_2 schädliche Produkte.

455. Von allen künstlichen Beleuchtungen ist die elektrische Beleuchtung in all diesen Beziehungen die hygienisch günstigste. In einer Bogenlampe entsteht zwar Kohlensäure, aber im Verhältnis zur Lichtstärke sehr viel weniger als in irgend einer Öllampe oder Kerze. Von den hermetisch abgeschlossenen Glühlampen kann überhaupt keine Veränderung der Zimmerluft bewirkt werden. Auch die Wärmeproduktion der elektrischen Lampen ist relativ zur Lichtstärke viel geringer als bei andern Beleuchtungen. Wenn wir den Wärmeeffekt und die Kohlensäureproduktion verschiedener Beleuchtungen vergleichen, erhalten wir folgende Zahlen für eine Stunde Brenndauer:

	Kubikmeter Kohlensäure.	Wärmeeinheiten.
Elekt. Bogenlicht	Spuren	57—158
„ Glühlicht	0,00	290—536
Siemens-Gasbrenner	1,14	12150
Petroleumlampen mit Rundbrenner	0,44	3260
„ „ Flachbrenner	0,95	7200
Carcel-Öllampen	0,61	4200

Abgesehen von der allgemeinen Erwärmung der Zimmerluft

können Lampen noch sehr lästig werden durch die von ihnen ausgehende strahlende Wärme, namentlich wenn sie dem Gesichte sehr nahe stehen, wie dies beim Schreiben u. s. w. der Fall ist. Es stellen sich Schmerzen in den Augen, Kopfweh etc. ein. Deshalb ist es wichtig die Lampen so zu konstruiren, dass sie gutes Licht geben und wenig Wärme ausstrahlen. Hierfür ist die Einrichtung des doppelten Zylinders sehr zu empfehlen, denn dadurch wird die Strahlung erheblich vermindert. Erstlich geht durch das doppelte Glas weniger Wärme hindurch, außerdem wird stets ein kalter Luftstrom nach unten gesogen, wodurch der äußere Zylinder stets abgekühlt wird. Endlich gewinnt man dadurch, wie wir gesehen haben, an Lichtintensität. Man kann dieses Prinzip mit Vorteil bei allen Lampen anwenden. Petroleumlampen mit dieser Einrichtung werden unter dem Namen Sanitätslampen vertrieben.

Der allgemeinen Einrichtung der elektrischen Beleuchtung steht vor der Hand noch im Wege, dass sie eine komplizirte Anlage voraussetzt, dass sie für Privathäuser nicht nur kostspielig ist, sondern auch schwierig zu bedienen und dass plötzliche Störungen im Betrieb die größte Verlegenheit bereiten können. Nur wenn große Unternehmer Zentralstellen einrichten, welche für ganze Stadtteile die Beleuchtung besorgen, welche Reservemaschinen und großes Aufsichtspersonal halten können, so dass allen Störungen vorgebeugt werden kann, wird die elektrische Beleuchtung nach und nach alle andern Beleuchtungen verdrängen. Namentlich für Versammlungsräume, Theater u. s. w. ist sie wichtig, weil sie die Feuersgefahr sehr vermindert. Wie aber die Sachen augenblicklich stehen, müssen wir schon froh sein, dass wir in den unerschöpflich scheinenden Petroleumquellen des pennsylvanischen und russischen Gebietes so billige Lichtquellen haben, dass wir jetzt an die Beleuchtung viel höhere Anforderungen stellen können als vor 20 Jahren, und das ist für die Hygiene der Augen nicht dankbar genug anzuerkennen.

Abhaltung direkten Lichts von den Augen.

456. Wenn wir nun fragen, ob und wie die Beleuchtung den Augen schädlich sein kann, so ist zu bemerken, dass wir selbst mit einer geringen Beleuchtung sehen können, da die Empfindlichkeit unsres Auges ungeheuer groß ist. Schon bei der Besprechung der Beleuchtung durch Tageslicht haben wir als untere Grenze der Helligkeit, bei welcher wir noch gut und längere Zeit ohne Beschwerden selbst feine Schrift lesen können, 10 MK gefunden. Aber gerade für die künstliche Beleuchtung ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass es vorzugsweise darauf ankommt, dass der Gegenstand, welchen wir

sehen wollen, beleuchtet sei, dass aber direkt in die Augen fallendes fremdes Licht womöglich abgehalten werde. Angenommen wir hätten einen schwarzen Buchstaben auf weißem Grund zu erkennen. Wenn wir die auf das Papier fallende Lichtmenge gleich 100 setzen und annehmen, dass vom Papier 90%, vom Buchstaben 10% reflektirt werden und in unser Auge gelangen, so hat dieses das Verhältnis 90 : 10 zu erkennen. Aber es kommt noch Licht in unser Auge, während wir auf das Papier sehen, von den Flammen direkt, von den Wänden zerstreutes Licht u. s. w. Angenommen, alles dieses Licht habe die Helligkeit 100, so wird der Augengrund gleichmäßig mit diesem Licht erleuchtet sein. Dazu addirt sich vom Papier die Helligkeit 90, vom Buchstaben die Helligkeit 10. Also haben wir in Wirklichkeit zu erkennen das Verhältnis 190 : 110, welches bedeutend ungünstiger ist als das Verhältnis 90 : 10. Je intensiver also die diffuse Beleuchtung unsres Augenhintergrundes ist, desto schwieriger wird das Erkennen feiner Formen. Deshalb werden wir bei allen feinern Arbeiten, beim Lesen und Schreiben, beim Sticken und Nähen u. s. w. dafür zu sorgen haben, dass die Augen nicht direkt beschienen werden von der Flamme, sondern im Schatten sind, dass dagegen das Licht möglichst günstig auf den zu besehenden Gegenstand geworfen werde.

Lampenschirme.

457. Dazu dienen die verschiedenen Lichtschirme. Dieselben haben zweierlei Effekt. Einmal halten sie einen Teil oder, wenn sie undurchsichtig sind, alles Licht vom Auge ab, zweitens reflektiren sie das Licht und werfen es auf den zu beleuchtenden Gegenstand. Es folgt daraus, dass eine gute Arbeits- oder Studirlampe nicht zu hoch stehen darf, sondern mindestens so tief, dass der untere Rand des Schirms noch unter die Augenhöhe fällt. Je niedriger die Flamme, desto heller wird sie auch den Tisch beleuchten, aber desto kleiner wird freilich auch der Kreis sein, welcher beleuchtet wird. Soll eine Lampe für mehr als eine Person ausreichen, dann darf sie also nicht zu niedrig stehen. Es empfiehlt sich deshalb, sich zum Arbeiten im häuslichen Kreise solcher Lampen zu bedienen, welche ein Tiefer- oder Höherstellen gestatten, z. B. der sogenannten Schiebelampen.

Die Wirkung einer Lampe hängt natürlich sehr von der Beschaffenheit des Schirmes ab. Ist er undurchsichtig und innen weiß, so reflektirt er sehr viel Licht, wobei zu bemerken ist, dass der weiße Anstrich sehr leicht an Wirksamkeit verliert, besonders bei Gasflammen, wo H_2S mitwirkt. Ist z. B. Bleiweiß im Anstrich enthalten, so wird es bald schwarz. Ist der Schirm aus Papier, so vergilbt dieses und reflektirt dann viel weniger. Ist der Schirm aus Metall und polirt,

dann spiegelt er das Licht und dann wird man ausrechnen können, wie weit seine Wirkung geht. Sie wird stark sein an den Stellen, welche direkt das gespiegelte Licht empfangen. Matte Schirme hingegen zerstreuen das Licht, wirken deshalb auf einen größern Umkreis und beleuchten ihn gleichmäßiger.

Die Wirkung der Lampenschirme hängt in hohem Grade von ihrer Form und der Stellung zur Flamme ab. Bei steiler Form (Zuckerhutform) wird der Bereich der guten Beleuchtung viel mehr eingeschränkt sein als bei flacher. Je höher der Schirm steht, desto mehr bekommen die nächsten Teile starkes Licht, aber der Kreis wird verkleinert. Man muss daher, wenn man eine Lampe kauft, sich überzeugen, ob der Schirm eine richtige Form hat und eine richtige Stellung zur Flamme. Für gewöhnliche Tischbeleuchtung kann man annehmen, dass die flachen Schirme günstiger sind, als die steilen. Handelt es sich aber um die Beleuchtung großer Flächen, Werkstätten, Schulen, so wird die Aufgabe noch erschwert. Es ist nicht möglich von einer Flamme aus einen großen Raum gleichmäßig zu beleuchten, denn die Lichtintensität nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab. Die Berechnung aus der gemessenen Intensität der Flamme und der Entfernung führt nicht zum Ziel, weil die Flammen nicht punktförmig sind, sondern eine gewisse Ausdehnung haben. Auch kommt hinzu, dass die Verteilung des Lichts durch zweckmäßig angebrachte Schirme eine gleichmäßigere wird. Wenn wir eine Lampe auf ihre Wirkung prüfen, indem wir mit dem Weber'schen Photometer die Helligkeit in verschiedenen Horizontal- und Vertikalabständen messen, so können wir berechnen, wie viele derartige Lampen und in welcher Anordnung wir brauchen, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Helligkeiten im Raum und selbst an den ungünstigsten Stellen noch eine für alle Zwecke genügende Helligkeit zu erzielen. Für unsern Hörsaal z. B. hat eine solche Vorstudie ergeben, dass bei der gewählten Anordnung von 3 Automatbrennern, von denen zwei genau über den Enden des Kathedertisches in 4 m Höhe, die dritte in einer Entfernung von 3,5 m in 5,20 m Höhe angebracht ist, die Helligkeit auf der ganzen 4 m langen und 0,75 m breiten Tischfläche nur zwischen den Grenzen 95 und 115 MK, die Helligkeit auf der Wandtafel nur zwischen den Grenzen 100 und 110 MK schwankt, endlich, dass nur 2 Sitzplätze im Hörsaal sind, bei denen die Helligkeit unter 15 MK beträgt, während sie an allen andern Stellen zwischen 25 und 75 MK liegt.

Durchscheinende Glocken.

458. An manchen Lampen finden wir Schirme aus durchscheinendem Material z. B. Milchglas, oder Umhüllungen aus gewöhnlichem oder mattgeschliffenem Glas. Derartige Schirme sind zweckmäßig, wenn es nicht bloß auf Beleuchtung von Tischflächen, sondern auf allgemeine Erhellung eines Raumes ankommt. Durchsichtige Kugeln, wenn sie matt geschliffen sind, empfehlen sich für Erleuchtung von Gesellschaftsräumen, besonders wenn die Lampen hoch hängen, weil dadurch die Flamme selbst nicht so intensiv durchscheint, sondern das Licht zerstreut und gemildert wird. Durchscheinende Kugeln von Milchglas oder dünnem Porzellan wirken als trübe Medien, ähnlich wie Wasserdampf oder Nebel. Sie haben die Eigenschaft, dass sie das blaue Licht wenig, das rote und orange aber stark durchlassen. Da aber die künstliche Beleuchtung an und für sich schon reich an rotem und orangefarbnem Licht ist, so wird dadurch die Schwäche, welche die künstliche Beleuchtung hat, der Mangel an grünem und blauem Licht, noch verstärkt. Daher sind solche durchscheinende Umhüllungen der Flammen nicht zweckmäßig. In Form von unten offenen Schirmen dagegen können wir Milchglas oder Porzellan sehr wohl verwenden, da sie das blaue Licht etwas stärker reflektiren als das rote und so den Mangel einigermaßen korrigiren, den die künstliche Beleuchtung hat, und das Lampenlicht dem Tageslicht etwas ähnlicher machen.

Fettöllampen.

459. Sehr störend sind besonders bei den Öllampen die Schatten, welche durch die undurchsichtigen Ölbehälter geworfen werden. Es ist außerordentlich viel Scharfsinn darauf verwandt worden, Konstruktionen und Lampenformen zu ersinnen, welche von diesem Fehler frei sind.

Obgleich die Fettöllampen jetzt nur noch historisches Interesse haben, will ich doch noch kurz einiges über ihre hauptsächlichsten Formen sagen. Bis in den Anfang dieses Jahrhunderts war die Form der Lampen fast ungeändert dieselbe, wie sie Griechen und Römer gebraucht haben. Dann wurde der Ölbehälter von dem Dochthalter getrennt und beide durch eine Röhre verbunden. Bei der **Studirlampe**, welche in meinen Kinderjahren in allgemeinem Gebrauch war, hatte der Ölbehälter die Form einer flachen, ovalen Dose, der Docht war platt; ein Zylinderglas sorgte für bessere Luftzufuhr zur Flamme und eine kleine Milchglasglocke sorgte für Erhellung eines beschränkten Platzes auf dem Tisch, während das übrige Zimmer in tiefes Dunkel gehüllt war. Der flache Ölbehälter stand in gleicher Höhe mit der Flamme und warf nach der einen Seite einen schwarzen

Schatten. An hohen Festtagen aber, oder wenn Gäste ins Haus kamen, brannte man die Sinumbra- oder Astrallampe, bei welcher der Brenner im Mittelpunkte eines ringförmigen Ölbehälters stand, dessen Querschnitt höchst sinnreich so konstruirt war, dass der Schatten ganz nahe dem Ringe lag.

Dann kam die Schiebelampe. Ölbehälter und Brenner konnten an einem Stativ hoch oder niedrig eingestellt werden, je nach Bedürfnis. Aber, was die Hauptsache war, der Ölbehälter lag höher als die Flamme, der Schatten wurde also nach oben geworfen, wo er weniger störend war. Damit aber das Öl aus dem höher stehenden Behälter nur in dem Maße abfließen konnte, als es im Docht verbrannte, befand es sich in einer umgekehrt, mit der Mündung nach unten, aufgestellten Flasche. Wurde die Flasche gefüllt und umgestülpt in einen mit dem Dochtbehälter kommunizirenden Behälter gesteckt, so floss so viel Öl aus, bis dasselbe die Mündung der Flasche erreichte. Dann konnte keine Luft in die Flasche ein- und folglich auch kein Öl aus der Flasche austreten. Sank aber das Niveau des Öls in Folge des Verbrauchs, dann trat eine Luftblase mit gluksendem Geräusch in die Flasche ein und ein ihr gleiches Volum Öl trat aus. Die Lampe brannte sehr gleichmäßig und gab, da sie mit einem Rundbrenner und doppelter Luftzuführung versehen war, ein schönes, helles Licht.

Es wurde nun ein weiterer Fortschritt versucht dadurch, dass man den Ölbehälter unter den Brenner brachte und das Öl durch ein Pumpwerk, welches von einem Uhrwerk getrieben wurde, in die Höhe pumpte. Diese sogenannten Carcel-Lampen haben in Deutschland nur wenig Verbreitung gefunden. Sie wurden verdrängt durch eine sehr einfache Erfindung, welche das Uhrwerk durch eine Feder ersetzte, die Moderateurlampe: Die Feder drückte auf einen Zwischenboden, der aus zwei Blechscheiben bestand, etwas kleiner als der Durchmesser des Behälters, und einer zwischen beiden liegenden Lederscheibe, die etwas größer war als der Behälter. Dadurch wurde ein Ventil hergestellt, welches beim Heben des Zwischenbodens das Öl unter denselben treten ließ, während der durch die gespannte Feder auf den Zwischenboden von oben ausgeübte Druck das Ventil schloss und das Öl durch ein enges Rohr in den Dochthalter trieb. Das überschüssige Öl floss seitwärts über, wurde in einer Schale aufgefangen und in den Behälter zurückgeleitet, wo es bei erneutem Aufziehen der Feder wieder in den untern Raum gelangte. Das Steigrohr, durch welches das Öl in die Höhe getrieben wurde, war

so eingerichtet, dass es bei Anspannung der Feder durch einen in das Rohr hineingeschobenen Stift verengt und dadurch das Aufsteigen des Öls sehr verlangsamt wurde. In dem Maße aber, als die Feder sich abspannte, schob sich der Stift aus dem Steigrohr heraus; dieses wurde weiter, und der dadurch verringerte Widerstand bewirkte, dass trotz der abnehmenden Druckkraft das Aufsteigen des Öls nahezu mit gleichbleibender Geschwindigkeit erfolgte.

Anforderung an eine gute Lampe.

460. Alle diese sinnreichen Einrichtungen sind außer Gebrauch gekommen durch die schnelle Verbreitung des Petroleums, welches in den 60er Jahren aus Amerika eingeführt wurde und das Öl fast ganz verdrängt hat, und durch die Ausbreitung des Leuchtgases. Das Petroleum zeichnet sich durch seine Dünnflüssigkeit vor den fetten Ölen aus, so dass es ziemlich hoch in den Docht aufsteigen kann. Deshalb kann man ohne weiteres die Flamme über dem Behälter anbringen. Es wird dann freilich auch ein Schatten geworfen, aber nur in der Nähe des Lampenfußes, wo er nicht schadet. Je höher die Flamme über dem Behälter ist, desto kleiner wird der Schattenkreis. In ähnlicher günstiger Lage befinden wir uns beim Gaslicht, da die zuleitenden Röhren und Gestelle für die Lampenschirme nur dünn sind und wenig Schatten geben.

Fassen wir alles Gesagte nochmals zusammen, so können wir von der künstlichen Beleuchtung verlangen: 1) Dass das Licht in seiner Farbenzusammensetzung sich dem Tageslicht so viel als möglich nähere. Da dies zwar niemals ganz, aber doch um so vollkommner erreicht wird, je heller die Flammen sind, so hat dies zugleich den Vorteil, dass mit Aufwand einer gegebnen Menge von Brennmaterial die größtmögliche Lichtmenge erzeugt wird. Dadurch wird dann zugleich die Forderung erfüllt, dass 2) die Verbrennung eine möglichst vollständige sei, so dass nur Kohlensäure und Wasser, aber gar keine schädlichen Produkte unvollkommner Verbrennung in die Zimmer gelangen. 3) Soll die Beleuchtung eine genügende sein d. h. an allen Stellen, wo feinere Arbeiten zu machen sind, nicht unter 10 MK sinken. Für größere Räume, Schulzimmer, Werkstätten u. d. g., wird man diesen Zweck besser durch mehrere, passend verteilte Lichtquellen als durch eine stärkere Lichtquelle erreichen. Im letztern Falle ist es auch besonders störend, dass alle undurchsichtigen Gegenstände Schatten werfen und damit um so schroffere Wechsel der Helligkeit bewirken, je intensiver die Lichtquelle ist. Die Gleichmäßigkeit der Verteilung wird leichter erreicht, wenn die Lampen hoch hängen und mit gut konstruirten

Lichtschirmen versehen sind, welche das Licht zerstreuen und auf die Arbeitsstellen (Tische) werfen. In Hörsälen, in denen gewisse Stellen besonders gut beleuchtet sein sollen, Experimentirtisch, Wandtafel u. d. g., muss für diese nicht bloß eine größere Helligkeit angestrebt, sondern auch, wenn dazu besondre Flammen verwendet werden, dafür gesorgt sein, dass das Licht derselben von den Augen der Zuschauer abgeblendet werde. 4) Soll die strahlende Wärme der Flammen und die durch sie bewirkte allgemeine Erhöhung der Zimmertemperatur möglichst abgeschwächt werden, sei es durch passende Schutzvorrichtungen, sei es durch gute Ventilation.

Einundfünfzigste Vorlesung.

Allgemeines über Infektionskrankheiten.

Krankheitskeime. — Ansteckende Krankheiten. — Epidemien und Endemien. — Mikroorganismen als Krankheitserreger. — Infektionskrankheiten. — Inkubationszeit. — Mannigfaltigkeit und Verbreitung der Mikroorganismen. — Nährstofflösungen. — Fester Nährboden. — Sterilisirung. — Studium der Entwicklung. — Spaltpilzformen und ihre Bedeutung.

Krankheitskeime.

461. Wenn die Hygiene ihre Aufgabe ganz erfüllen könnte, so müsste sie im Stande sein, die Krankheiten ganz auszurotten. Wir glauben aber gar nicht, dass wir das können, sondern wir wollen uns damit begnügen, dass wir lehren, einige der Krankheitsursachen, welche viele Menschen oder einzelne in Gefahr bringen, abzuschwächen oder zu vermeiden. Wir werden immer mit der Existenz von Krankheiten zu rechnen haben; eben darum aber müssen wir uns die Frage vorlegen, ob die Krankheiten als solche, deren Behandlung wir dem Arzte überlassen, nicht wieder indirekt Schaden stiften können, entweder auf Leute, welche unmittelbar mit den Kranken in Berührung kommen, oder indem von den Kranken Stoffe ausgehen, welche sich im Wasser, in der Luft etc. verbreiten und für andre Menschen zu Krankheitsursachen werden. Gerade die neueste Zeit hat uns Aufschlüsse gebracht, welche die schon lange gelegte Vermutung bestätigen, dass gewisse Krankheiten durch ganz bestimmte, organisirte Erreger hervorgerufen werden. Es erwächst daraus also die wichtige Aufgabe zu erforschen, auf welchen Wegen diese spezifischen Krankheitskeime, wie wir sie der Kürze wegen nennen wollen, von den kranken Individuen auf die gesunden übertragen werden.

Ansteckende Krankheiten.

462. Vor allen Dingen muss aber hier ein Umstand scharf hervorgehoben werden. Es gibt gewisse Krankheiten, welche sicherlich direkt übertragbar sind, so dass Berührung oder Zusammenleben in derselben Wohnung mit dem Kranken häufig Ursache der Übertragung wird. Allerdings zeigt sich dabei gleichzeitig die auffallende Erscheinung, dass von mehreren Menschen, welche ganz denselben Bedingungen der Ansteckung ausgesetzt waren, einige erkranken, andre dagegen gesund bleiben. Man sagt daher, dass zur Übertragung der Krankheit noch eine besondre Disposition der anzusteckenden

Individuen erforderlich sei. Wie dem aber auch sein möge, wir nennen solche Krankheiten kontagiöse oder ansteckende. Wenn das Ansteckungsmittel, der Stoff, durch welchen die Übertragung geschieht, greifbar nachgewiesen werden kann, so nennen wir ihn Virus. Wir können mittels eines solchen die Krankheit übertragen von kranken Individuen auf gesunde oder auch auf Tiere auf dem Weg der Impfung.

Als Beispiel für eine solche Krankheit erinnere ich an den Schanker oder die Syphilis. In dem Eiter eines Schankergeschwürs haben wir einen schädlichen Stoff, durch dessen Übertragung auf ein andres Individuum dieselbe Erkrankung erzeugt werden kann. Es entsteht an der Impfstelle ein neues Schankergeschwür mit den charakteristischen Eigenschaften des ersten. Die Wirkung ist gebunden an einen bestimmten Stoff, der im Eiter vorhanden ist. Ebenso wissen wir, dass bei der Gonorrhoe das Sekret, auf eine gesunde Schleimhaut eines andern Individuums z. B. der Konjunktiva übertragen, dort denselben Prozeß hervorruft. Ähnlich ist es bei den Blattern, wo der seröse Inhalt der Pusteln, die sogenannte Lymphe, den krankheitserregenden Stoff enthält. Die Krankheit wird in diesen Fällen übertragen nicht anders, als wie ein Gift, welches wir in den Körper einführen, eine Krankheit erzeugt.

In dem ersten und dritten unsrer Beispiele erfolgt die Krankheitsübertragung nur, wenn das Gift durch Verletzungen oder Wunden in den Organismus eindringt. Von der unversehrten Epidermis oder unversehrten Schleimhäuten werden die Gifte nicht resorbirt und bleiben deshalb unwirksam. Aber nicht immer ist das nötig, oder wir können es wenigstens nicht nachweisen. Bei dem gonorrhoischen Gift genügt das Verbringen auf die gesunde Schleimhaut, um die Erkrankung zu bewirken. In sehr vielen Fällen können wir es nicht bestimmt sagen, auf welche Weise die Ansteckung geschieht. Der Fall der Überimpfung z. B. ereignet sich bei den Blattern nur ausnahmsweise. Dagegen ist es sicher, dass man sich anstecken kann durch Zusammensein in einem Raum mit einem Blatternkranken, wahrscheinlich auch ohne Vorhandensein einer verletzten Stelle. Wir wissen nicht, wie in diesen Fällen die Übertragung geschieht; nur das wissen wir, dass sie bei nahem Zusammensein unmittelbar von Mensch auf Mensch erfolgt, dass sie aber auch durch Zwischenträger, z. B. Kleider, vermittelt werden kann. Immerhin aber sind die Thatsachen der Art, das wir den übertragbaren Krankheitserreger als an bestimmten Stoffen haftend nachweisen können. Diese Stoffe haben wir als Virus bezeichnet. Manche Schriftsteller unterscheiden noch zwischen

solchen Fällen, wo man das Gift kennt und andern, wo man es nur vermutet, und bezeichnen letzteres mit dem unbestimmten, nichts präjudizirenden Namen Contagium.

Epidemieen und Endemieen.

463. Es gibt aber auch eine Anzahl von Krankheiten, welche nicht von einem Kranken auf Gesunde übertragen werden, die aber doch auf einen von außen kommenden Stoff geschoben werden müssen. Solche Stoffe können in der Luft, im Trinkwasser etc. vorhanden sein und auf irgend eine Weise in den Menschen eindringen, während es nicht oder doch nur ganz ausnahmsweise vorkommt, dass sie unmittelbar übertragen werden. Typhus abdominalis z. B. oder Cholera sind sicher nicht in der Weise übertragbar wie Blattern oder Syphilis. Dagegen scheint es, dass die zum Teil noch unbekannten Krankheitskeime dieser Gruppe von Krankheiten in manchen Gegenden immer oder zu gewissen Zeiten in größerer Zahl vorhanden sind. In solchen Fällen geschieht es dann, dass viele Menschen gleichzeitig oder schnell hintereinander von der bestimmten Krankheit befallen werden. Dasselbe kann natürlich auch bei den ansteckenden Krankheiten eintreten. Wenn keine Vorsicht angewendet wird, die Ansteckung zu verhindern, so ist es nur zu natürlich, dass die Krankheit, wenn einmal ausgebrochen, sich nicht auf wenige Individuen beschränkt, sondern dass gleichzeitig oder kurz hintereinander eine große Anzahl von Leuten befallen werden. Wir sprechen dann von einer Epidemie. Solche Epidemieen von kontagiösen oder von nicht kontagiösen Krankheiten pflegen dann meist eine Zeit lang zu wüten und wieder zu erlöschen. Wenn aber die Krankheitsursache bei nicht kontagiösen Krankheiten in gewissen Gegenden häufiger ist als in andern, dann wird die betreffende Krankheit in jenen Gegenden fast immer vorhanden sein, während sie in andern vielleicht niemals vorkommt. In solchen Fällen sagen wir, dle Krankheit sei in jenen Gegenden endemisch. Endemieen und Epidemieen sind aber durchaus nicht streng geschieden. Eine Krankheit, z. B. die Cholera, kann an einem Orte endemisch sein, kann aber auf irgend eine Weise nach einem andern Ort gelangen und dort vorübergehend in Form einer Epidemie auftreten. Was aber die zweite Gruppe hauptsächlich von der ersten unterscheidet, ist, dass die betreffenden Krankheiten nicht direkt übertragbar sind, sondern auf einem meist noch unbekannten Weg sich verbreiten, dass wir keinen bestimmten Stoff nachweisen können, an dem das Ansteckungsgift haftet. Wegen dieser Unbekanntschaft müssen wir es von dem Virus unterscheiden und es ist üblich geworden es mit dem

unbestimmten Namen Miasma zu belegen. Man unterscheidet also kontagiöse und miasmatische Krankheiten.

464. Der große Fortschritt, welchen unsre Kenntnis von diesen Krankheiten in der Neuzeit gemacht hat, liegt darin, dass wir für einige derselben einen Zusammenhang mit spezifischen Mikroorganismen sicher behaupten können. Allerdings gilt dies noch nicht von allen. Auch ist nicht immer da, wo spezifische Organismen vorkommen, unmittelbar daraus zu schließen, dass sie auch wirklich die Krankheitserreger seien. Wie wir sehen werden, ist dies für manche Fälle entweder schon wirklich erwiesen oder doch in hohem Grade wahrscheinlich. Wenn wir aber von der Voraussetzung ausgehen, dass Gleiches auch für die andern Krankheiten gelte, dann erklären sich viele Erscheinungen der Übertragung und Verbreitung dieser Krankheiten, und wir erhalten Anhaltspunkte für die weitere Forschung und für die Mittel zur Bekämpfung der Krankheiten. Mikroorganismen als Krankheitserreger.

Um die Verhältnisse, welche wir zu studiren haben, zu verstehen, wird es gut sein, sich an die in vielen Beziehungen analogen zu erinnern, bei denen es ganz sicher ist, dass sie durch lebende Wesen verursacht werden. Wenn wir sehen, dass ein mit Krätze behafteter Mensch beim Zusammenwohnen, Zusammenschlafen etc. die Krankheit auf einen andern überträgt, dadurch dass die Tiere überwandern, so können wir uns vorstellen, dass der Vorgang analog auch bei jenen andern Krankheiten sich vollziehen werde, nur dass an Stelle der Krätzmilben mikroskopisch kleine Spaltpilze oder deren Keime zu setzen sind. Dass diese Theorie der parasitären Natur der kontagiösen und miasmatischen Krankheiten in der letzten Zeit besonders eifrig gepflegt worden ist, hat schon jetzt den Erfolg gehabt, dass für manche derselben der Nachweis der Richtigkeit der Theorie wirklich erbracht ist. Wo dies noch nicht gelungen ist, ist wenigstens durch die Ähnlichkeit des Verlaufs und der Verbreitung die Hypothese gerechtfertigt, dass dort die Verhältnisse ähnlich seien.

465. Indem wir deshalb vorläufig annehmen, dass bei allen diesen Krankheiten die Ursache auf der Einwandrung eines spezifischen Krankheitserregers beruhe, bezeichnen wir die Einführung des krankheitserregenden Agens als Infektion, wir sagen, der Gesunde sei infizirt worden, und nennen deshalb die dadurch entstehende Krankheit eine Infektionskrankheit. Wir müssen aber dabei unterscheiden erstlich den Akt der Einwanderung und zweitens die durch diese Einwanderung bewirkten Folgeerscheinungen, welche die Krankheiten ausmachen. Wir müssen aber ferner unterscheiden, ob Infektionskrankheiten.

die Anwesenheit, vielleicht die massenhafte Vermehrung dieser eingewanderten Organismen selbst, die Ursache der Krankheit ist oder ob die Organismen in dem Körper, in dem sie hausen und sich vermehren, durch ihren Lebensprozess giftige Substanzen, vielleicht von der Art der Alkaloide, erzeugen, oder endlich, ob sie mechanische Verletzungen oder Zerstörungen von Geweben veranlassen und dadurch krankhafte Erscheinungen hervorrufen, ob also die Organismen als solche, oder ob sie auf Umwegen schädlich werden. Wenn wir sehen, dass Wunden durch mikroskopische Organismen eine andere Beschaffenheit annehmen, dass jauchige Zersetzungen entstehen und die giftige Substanzen enthaltende Jauche dann durch Resorption im Körper schädlich wird, so sind es nicht die Organismen direkt, sondern die Zersetzung, welche schädlich wirkt. In vielen Fällen können wir durch den Versuch die Unterscheidung zwischen diesen Möglichkeiten herbeiführen. Wir können Organismen einer bestimmten Art sich unter günstigen Bedingungen vermehren lassen und dann dieselben oder die von ihnen getrennten Flüssigkeiten, in denen sie sich aufhalten, einem Tier injiziren und sehen, ob dadurch Krankheiten entstehen. Die Trennung von den Flüssigkeiten ist freilich eine schwierige, da die Organismen außerordentlich klein sind; am sichersten geschieht sie durch Filtration durch ganz enge Porenkanäle, z. B. durch Porzellanfilter. So bekommen wir in vielen Fällen ein Filtrat, welches vollkommen frei von Organismen ist und können, indem wir dieses einspritzen, beobachten, ob es dieselben Erscheinungen hervorruft, welche entstehen, wenn wir die Organismen selbst in den lebenden Tierkörper einführen. In allen solchen Fällen, wo wir durch Überpflanzung der Organismen selbst oder der Flüssigkeiten, in welchen dieselben leben, Krankheiten experimentell erzeugen können und wo wir im Körper des Erkrankten dieselben Organismen wieder nachweisen können, ist die Theorie durch den Versuch bestätigt. Diese Bestätigung ist nur für einige wenige Krankheiten bis jetzt vorhanden, für andere mehr oder weniger wahrscheinlich, für noch andere ganz zweifelhaft; und wenn wir für diese trotzdem die Theorie der Infektion durch organische Keime gelten lassen, so gilt das natürlich nur so lange, bis entweder der Beweis oder der Gegenbeweis geführt sein wird.

Inkubationszeit.

466. Eins ist charakteristisch für alle diese Infektionen, dass die Krankheitserscheinungen nicht sofort auftreten nach der Übertragung, sondern dass erst eine gewisse Zeit verstreicht, die Inkubationszeit. Wenn irgend ein Gift, Strychnin etc. einem Tier

beigebracht wird, so dauert es auch eine gewisse Zeit, bis es seine Wirkung ausübt; es muss erst resorbirt werden und das dauert je nach seiner Löslichkeit längere oder kürzere Zeit. Es wird auf die Geschwindigkeit der Resorption und der Ausscheidung ankommen, ob und in welchem Grad es giftig wirkt, denn die Giftigkeit hängt ab von der Menge des Giftes, welches im Blut zirkulirt. So sehen wir, dass manche Gifte, z. B. Curare, vom Magen aus sehr schwach oder gar nicht wirken, weil sie sehr langsam resorbirt werden. Aber selbst bei den schwer resorbirbaren Giften wird es sich nur um Minuten oder wenige Stunden handeln, bis die Wirkung sich äußert. Dagegen bei einem organischen Gift, welches, um auf den Körper schädlich zu wirken, meist in tausend und abertausend einzelnen Individuen vorhanden sein muss, wird das Verhältnis meist so sein, dass nicht diese Tausende in den Körper eindringen, sondern nur einige wenige, welche sich dann innerhalb des Körpers vermehren. So erklärt es sich, dass die Inkubationszeit nicht Stunden, sondern immer Tage beträgt. Diese Zeit ist bei den verschiedenen Krankheiten teilweise ganz genau bekannt; bei einigen so genau, dass wenn man den Beginn der Krankheit festgestellt hat, man rückwärts rechnend den Tag der Infektion finden kann. Wenn man dann untersucht, unter welchen Verhältnissen sich der Kranke an diesem Tage befunden hat, so kann man oft ganz genau feststellen, wie die Infektion stattgefunden hat. In andern Fällen ist die Inkubationszeit unbekannt oder unbestimmt, wie bei der Lyssa, wo sie manchmal wenige Tage, manchmal Monate, wie manche glauben, sogar Jahre lang dauern kann. Letzteres ist freilich mehr als zweifelhaft. Wenn es aber wahr wäre, so würde es nicht dafür sprechen, dass es sich um eine Infektion durch Organismen handelt; denn dass eine solche sich auf Jahre erstreckt, ist sicherlich sehr unwahrscheinlich.

Mannigfaltigkeit und Verbreitung der Mikroorganismen.

467. Die großen Fortschritte in der Kenntnis der infektiösen Mikroorganismen haben wir vorzugsweise den Arbeiten von Robert Koch zu verdanken. Koch hat, nachdem er gründliche Vorstudien unter der Leitung des bedeutendsten Kenners der Mikroorganismen, des Botanikers Ferdinand Kohn in Breslau, gemacht hatte, die Untersuchung in ein System gebracht und sie von den frühern Schwierigkeiten befreit. Da es in der Welt eine so große Zahl von Mikroorganismen gibt, welche überall verbreitet sind, so sind wir gar nicht im Stande, irgend eine organische Substanz, welche die Möglichkeit für die Entwicklung solcher Mikroorganismen gibt, herzustellen und aufzubewahren, ohne dass sich ohne unser Zuthun tausende der

verschiedensten Mikroorganismen entwickeln. Wenn wir z. B. eine Infusion von frischem Heu machen und die Flüssigkeit ruhig stehen lassen, so wimmelt sie nach einigen Tagen von Millionen der verschiedensten niedersten Organismen. Später gesellen sich höhere, die sogen. Infusorien dazu. Daher war früher die Meinung verbreitet, diese Lebewesen entständen durch *Generatio aequivoca*. Jetzt wissen wir, dass sie von außen eindringen, weil die Keime derselben überall verbreitet sind. Das ist kein Wunder, da in jeder Lache unzählige solcher Lebewesen vorhanden sind, welche, wenn das Wasser verdunstet, mit dem Staub verweht werden und, wenn sie wieder in Wasser geraten, aufleben und sich vermehren können. Dies gilt ganz besonders von den niedern Pilzformen, Spalt- und Sprosspilzen, welche zumal in ihren Jugendformen, den sogenannten Dauersporen, sehr zählebig sind. Wenn solche Pilze oder ihre Sporen in Flüssigkeiten gelangen, die für die Entwicklung der Pilze geeignete Nährsubstanzen enthalten, so quellen sie auf, beleben sich wieder und vermehren sich massenhaft. Daher ist es für alle Untersuchungen über Mikroorganismen das erste Erfordernis, dass man die Nährstofflösungen sterilisirt d. h. so herrichtet, dass man sicher ist, dass keine lebenden Organismen mehr in ihnen vorkommen. Das geschieht am besten durch Kochen der Nährsubstanzen, wodurch die vorhandenen Lebeformen getötet werden. In die sterilisirte Nährstoffmasse kann man dann die Mikroorganismen, deren Verhalten man studiren will, übertragen und ihre Entwicklung verfolgen.

Nährstofflösungen.

468. Die niedern Organismen, um die es sich hier handelt, gehören fast alle in das Gebiet der Spaltpilzformen oder Schizomyceten, so genannt, weil ihre Vermehrung durch Spaltung geschieht. Wenn man sie unter Bedingungen bringt, welche für ihre Ernährung nicht günstig sind, namentlich beim Eintrocknen des Substrats, auf oder in dem sie leben, zeigt sich eine zweite Art der Fortpflanzung. Es entwickeln sich die schon erwähnten Dauersporen, welche mehr oder weniger lange Zeit in trockenem Zustand sich erhalten können. Alle diese niedern Organismen sind nur entwicklungsfähig, wenn sie unter geeignete Bedingungen kommen. Dazu gehört vor allem eine passende Ernährungsmasse, die gewisse Salze in allerdings sehr geringer Menge enthalten muss sowie stickstoffhaltige Substanzen, in einer Form, welche diese Organismen assimiliren können. Wahrscheinlich verhalten sich die verschiedenen Arten in dieser Beziehung verschieden: Einige sind im Stande, Stickstoff aus unorganischen Salzen in ähnlicher Weise zu assimiliren,

wie dies die höheren Pflanzen thun, welche Stickstoff in Form von Ammoniak- oder salpetersauren Salzen vermittelst ihrer Wurzeln aufnehmen und daraus durch Synthese Eiweißkörper bilden. Aber der Mehrzahl der Spaltpilze kommt diese Fähigkeit nicht zu. Vielmehr müssen sie entweder fertige Eiweißkörper in den Nährlösungen zugeführt erhalten oder wenigstens solche Stoffe, welche den Eiweißkörpern nahe stehen, z. B. Peptone. Manche von ihnen sind auch im Stande, die Eiweißkörper in ähnlicher Weise, wie das bei der Verdauung geschieht, zu zerlegen: So entstehen durch eine Reihe von Organismen, wenn man sie mit Eiweißkörpern in Berührung bringt, Zersetzungsprodukte, welche den Peptonen sehr ähnlich sind. Auch die früher schon erwähnten Ptomaine entstehen auf gleiche Weise. Die aus den Eiweißkörpern entstandenen Zersetzungsprodukte werden von den Organismen resorbirt und dienen zu ihrer Ernährung. Auch in Bezug auf die Kohlenstoffaufnahme sind die Organismen verschieden. Manche können ihn aufnehmen aus organischen Verbindungen z. B. aus Zucker; niemals können sie, da ihnen das Chlorophyll fehlt, Kohlensäure zerlegen. Wenn man die Lebensbedingungen der einzelnen Mikroorganismen schon kennt, dann kann man die Nährstofflösungen so zusammensetzen, wie es gerade für die Art, welche man züchten will, am geeignetsten ist. Andernfalls thut man gut, eine Lösung aus organischen Stoffen zu bereiten, welche möglichst alle notwendigen Verbindungen schon enthält: Abkochungen von pflanzlichen oder tierischen Stoffen, Mehl, Fleisch u. d. g.

Man muss aber wohl unterscheiden zwischen solchen Mikroorganismen, welche nur im tierischen Organismus leben (Parasiten) oder nur gelegentlich in diesem vorkommen, sonst aber auf unbelebtem Nährboden (Saprophyten). Letztere sind viel leichter künstlich zu züchten. Erstere bedürfen meistens einer innerhalb enger Grenzen liegenden Temperatur und eines dem Tierleib in chemischer Beziehung möglichst ähnlichen Nährbodens, wozu sich am besten Blutserum eignet. Bei Erhitzung nicht über 70° gerinnt dasselbe zu einer klaren, durchsichtigen, bernsteingelben Masse. Man muss dasselbe aber vorher sterilisiren, ohne dass es gerinnt, was man erreicht, wenn man es an 8 aufeinanderfolgenden Tagen jedesmal 2 Stunden lang bis auf 54—56° erhitzt.

469. Wenn man eine Nährstofflösung sterilisirt und in dieselbe dann Mikroorganismen überträgt, so vermehren sich diese sehr schnell. Man kann aber selten nur eine Art übertragen und man erhält daher auch immer Gemenge der verschiedenartigsten Formen. Deshalb hat Fester Nährboden.

Koch es vorgezogen, bei seinen Untersuchungen sich stets fester Nährböden zu bedienen. Es war dies auch schon früher üblich, indem man die Mikroorganismen sich entwickeln ließ auf Kartoffel- oder Zitronenscheiben. Koch führte jedoch statt dieser feste, durchsichtige Nährböden von Gelatine, Agar-Agar oder Serum ein. Wenn man z. B. eine Gelatinelösung mit den nötigen Nährstoffen versetzt, dann erstarren lässt und auf diese Masse Mikroorganismen überträgt, so wird sich eine frische Vegetation darauf entwickeln können, gerade so wie auf Kartoffelscheiben. Eine solche Vegetation wird in der Regel sehr verschiedne Organismen enthalten. Wenn man aber zu der abgekühlten, aber noch flüssigen Gelatine die Mikroorganismen zusetzt, die Gelatine auf einer horizontalen Platte ausgießt und erstarren lässt, so wird man an einzelnen Stellen Vegetationen entstehen sehen. Unter dem Mikroskop sieht man dann an einigen dieser Stellen vielleicht verschiedene Keime durcheinander wachsen; aber häufig kommt es auch vor, dass an einzelne Stellen nur eine Art gelangt ist und sich dort getrennt entwickelt. Solche Kolonieen eines bestimmten Mikroorganismus lassen sich häufig schon mit bloßem Auge durch die Art ihrer Ausdehnung, besser noch bei schwachen Vergrößerungen von andern unterscheiden. Wenn man nun solche Stellen, an denen nur eine Art rein oder doch fast rein vorhanden ist, von den andern trennt und auf neue Gelatine überträgt und dieses Verfahren so oft, als es nötig ist, wiederholt, so gelangt man zuletzt zu vollkommnen Reinkulturen d. h. zu Vegetationen, welche nur eine bestimmte Art von Mikroorganismen enthalten.

Sterilisirung. **470.** Grundbedingung für alle solche Versuche ist natürlich, dass jeder der zur Überimpfung bestimmten Nährboden vollkommen sterilisirt d. h. frei von allen entwicklungsfähigen Organismen und ihren Keimen hergestellt und dass das zufällige Hineingelangen fremder Keime absolut verhindert wird. Ist dies erreicht, dann können wir eine solche Masse unbegrenzt lange Zeit aufbewahren, ohne dass irgend eine Infektion sich zeigt. Dies können wir bewirken durch sorgfältiges Abschließen z. B. dadurch, dass wir das den Leim enthaltende Gefäß zuschmelzen. So ist schon vor Jahren nachgewiesen worden, dass wenn man Infuse in Gefäßen kocht und dann die Gefäße zuschmilzt, niemals Infusorien in ihnen entstehen, dass also die *Generatio aequivoca* bis jetzt nicht nachgewiesen werden kann. Bei dem Verfahren, wie wir es jetzt gewöhnlich anwenden, bringt man aber die Leimlösung in enge Gefäße, Reagensgläser, die man nur mit einem Pfropf von sterilisirter Watte zustopft.

Dieser gestattet zwar der Luft, nicht aber den Pilzen Zutritt. Wenn man nun eine solche Masse infizirt, indem man mit einer geglühten d. h. sterilisirten Platinnadel, etwas von jenen Kulturen, die wir durch das früher beschriebne Verfahren auf den Gelatineplatten rein dargestellt haben, hineinbringt und sofort wieder verschließt, dann entwickelt sich diese Kultur weiter und da sie nur aus gleichartigen Individuen besteht, so bekommen wir wieder eine Reinkultur. An solchen nötigenfalls durch wiederholte Überimpfung auf neuen Nährboden vollkommen von andern Mikroorganismen getrennten Kulturen können wir die Natur derselben weiter studiren.

Es ist bei allen diesen Arbeiten die größte Sorgfalt notwendig, besonders muss alles frei von lebenden und entwicklungsfähigen Organismen sein, was bei den Hantirungen gebraucht wird: Gläser, Pipetten, Pinzetten, Glasgefäße, Objektträger etc. werden am besten sterilisirt, indem man sie einer hohen Temperatur von mindestens 100° C. aussetzt. Die Apparate, in denen das geschieht, können verschieden gebaut sein. Man bedient sich dazu entweder heißer Luft oder auch des Wasserdampfes, der, wenn er längere Zeit einwirkt, ein sicheres Tötungsmittel für alle Mikroorganismen ist. Sie sehen hier zwei solcher Sterilisirungsapparate. Der erste, zur Sterilisirung mit heißer Luft dienende, stimmt im allgemeinen mit den Trockenapparaten der chemischen Laboratorien überein. Es ist ein zylindrischer Kasten von Kupfer mit einem obern abnehmbaren Deckel. Durch diesen ist ein Thermometer geführt, um die Temperatur abzulesen. Derselbe wird geheizt durch einen unter seinem Boden angebrachten ringförmigen Gasbrenner. Der eigentliche Kasten ist von zwei ihn konzentrisch umhüllenden Mänteln umgeben. Die heiße Luft steigt zwischen Kasten und innerm Mantel in die Höhe, geht dann zwischen diesem und dem äußern Mantel wieder nach abwärts und entweicht durch den seitwärts abgehenden Schlot. Hierdurch wird bewirkt, dass die Temperatur in allen Teilen des Kastens eine gleichmäßige ist. Wir bringen die zu sterilisirenden Gläser in einem Drahtkorb mit Handgriff in den Apparat, erhitzen bis auf 110° und erhalten die Temperatur mindestens eine Stunde lang auf dieser Höhe, um sicher zu sein, dass alle Pilze u. s. w. getötet sind.

Der zweite Apparat ist ein Dampfsterilisirungszylinder. Er hat eine bedeutende Höhe, um lange Glasröhren, z. B. die bei der Luftuntersuchung (§ 117) benutzten, darin unterbringen zu können. Unten ist der Zylinder halbkugelförmig abgeschlossen. In diesen Raum bringt man Wasser und erhält dasselbe im Kochen. Der

Dampf steigt in dem Zylinder aufwärts und entweicht durch Öffnungen im Deckel. Zur Verminderung der Abkühlung ist die Zylinderwand mit Asbestpappe umhüllt. Die zu sterilisirenden Gegenstände werden in Blechgefäßen in den Zylinder hineingestellt.

Studium der Entwicklung.

471. Nachdem man auf solche Weise die Vorbereitungen getroffen hat, überlässt man die auf Platten oder in weiten Reagensgläsern geimpften Kulturen sich selbst und zwar am besten bei einer passenden Temperatur, da bei den meisten Mikroorganismen die Entwicklung um so schneller vor sich geht, je höher die Temperatur ist, wenn sie nur nicht über 40° steigt. Temperaturen, welche viel niedriger sind, sind ungünstig, weil die Entwicklung dabei langsam, bei manchen Mikroorganismen gar nicht vor sich geht. Temperaturen über 40° sind auch unzweckmäßig, weil bei langer Einwirkung derselben die Keime leicht zu Grunde gehen. Man benutzt deshalb für die Entwicklung der Kulturen Apparate, welche den Brütöfen sehr ähnlich sind; nur hat man sie, da diese Operationen im Großen gemacht werden müssen und da man sehr viel genauer die Temperatur zu reguliren im Stande sein muss, etwas komplizirt gebaut. Der Apparat welchen Sie hier sehen, stellt einen großen Schrank oder Kasten mit doppelten Wandungen vor. Der Zwischenraum ist mit Wasser gefüllt. Das Innere ist durch eine doppelte Zwischenwand in zwei Abteilungen geteilt; der Raum zwischen dieser Doppelwand enthält gleichfalls Wasser, welches mit dem äußeren kommunizirt. So entstehen zwei große, von Wasser umspülte Räume, in welche man Gläser u. s. w. unterbringen kann. Um auch für ganz große Gegenstände Platz zu haben, kann man die Zwischenwand entfernen, so dass nur ein Raum von doppelter Größe vorhanden ist. Das Wasser wird durch 4 untergesetzte kleine Gaslampen erwärmt; von dem Raum, wo die Brenner wirken, gehen vertikale Röhren durch die Wassermasse; die in diesen aufsteigende Luft bewirkt eine gleichmäßigere Erwärmung des Wassers. Um die Temperatur möglichst konstant zu erhalten, ist in die Gasleitung ein Thermoregulator eingeschaltet. Das Prinzip dieses Apparats ist folgendes: Das Leuchtgas strömt durch ein Rohr, welches unten einen schlitzförmigen Spalt hat und in Quecksilber taucht. Über dem Quecksilber ist etwas Äther (dem eine Spur Alkohol zugesetzt ist) in einem abgeschlossenen Raum enthalten. Dieser Apparat taucht in das Wasser. Steigt dessen Temperatur über 40°, dem Siedepunkt des Äthers, so entsteht Ätherdampf; dieser drückt das Quecksilber in die Höhe, verengt dadurch den Spalt, durch welchen das Gas strömt; die Flammen werden kleiner. Sinkt die

Temperatur wieder, dann werden die Flammen größer. Auf diese Weise kann man die Temperatur in dem Apparat Tage lang bis auf $^1/_{10}$ Grad konstant erhalten. Will man höhere Temperaturen als 40° erzielen, so muss man dem Äther etwas mehr Alkohol zusetzen. Braucht man niedere Temperaturen, so mischt man etwas Aldehyd bei. Bei diesen Apparaten ist es leicht möglich, dass durch unglücklichen Zufall eine Flamme erlischt z. B. durch Luftzug, dabei würde Gas ausströmen und die Gefahr einer Explosion hervorrufen. Daher schaltet man in die Leitung einen Sicherheitshahn ein, welcher automatisch den Gashahn schließt, sobald die Flamme erlischt. Die Vorrichtung besteht darin, dass Spiralen, welche durch die Flamme erhitzt werden, einen mit dem Hahn verbundenen beschwerten Hebel tragen. Erlischt die Flamme, so erkalten die Spiralen, ändern dadurch ihre Form, die Stütze wird unter dem Hebel fortgezogen; derselbe fällt und schließt den Hahn.

Spaltpilzformen und ihre Bedeutung.

472. In vielen Fällen findet man niedere Organismen aus der Klasse der Spaltpilze bei Lebenden wie bei Leichen von Menschen. Regelmäßig finden sie sich im Darminhalt und den Darmentleerungen bei Gesunden wie bei Kranken; ausnahmsweise in Krankheiten auch im Blut, in den Geweben, den Sekreten. Um festzustellen, ob dieser Befund nur ein zufälliger ist oder ob den Organismen eine spezifische Bedeutung für die Krankheit zugeschrieben werden muss, ist vor allem eine genaue Bestimmung der Arten erforderlich. Nachdem man auf die beschriebene Weise die einzelnen Formen von einander getrennt und eine gewisse Art in reinem Zustand hergestellt hat, von der man vermutet, dass sie die Ursache einer Krankheit sein könnte, müssen wir zuerst genau die Formen, die Art der Entwicklung und Fortpflanzung, sowie sonstige Merkmale der Art feststellen, so dass sie von andern gut unterschieden werden kann. Die Formen, in welchen diese Spaltpilze auftreten, sind entweder die der Stäbchen (Bazillen) oder die der Körnchen (Kokken). Stäbchen nennen wir alle Formen bei denen die Längendimension die andern Dimensionen deutlich überwiegt. Sie sind zuweilen sehr schlank, lang und dünn, während in andern Fällen die Formen plump sind und die Stäbchen sich nur wenig von Kokken unterscheiden. Auch die Dimensionen selbst sind sehr verschieden (vgl. einige Angaben darüber in § 375). Ferner ist charakteristisch, ob die Stäbchen gerade oder gekrümmt sind, dann aber die Art der Teilung Letztere vollzieht sich meistens durch Querteilung, indem die Stäbchen in die Länge wachsen und sich dann quer durchschnüren, seltner durch Längsteilung oder

nach beiden Richtungen zugleich. Bei denen, welche sich nach der Quere teilen, unterscheiden sich die Formen oft wesentlich durch die Art, wie sich bei der Spaltung die Stäbchen aneinanderlegen zu größern Reihen. Häufig bleiben sie so im Zusammenhang, dass lange Fäden gebidet werden. Wenn in diesen Fällen die einzelnen, den Faden bildenden Bazillen gekrümmt sind, so entstehen neue Formen, und zwar unterscheidet man die Spirillenform, bei welcher die Stäbchen beisammen bleiben und eine Spirale bilden, von der welligen oder geschlängelten Form. In andern Fällen fallen die Stäbchen bei der Teilung auseinander und bleiben getrennt, wobei sie jedoch oft in kleinern oder größern Häufchen (Kolonieen) beisammen bleiben. Auch die Form dieser Kolonieen, ob sie rund sind, ob sie an der Oberfläche der Gelatine bleiben oder in dieselbe eindringen und sie verflüssigen, ist von Bedeutung. Ferner ist festzustellen, ob die Stäbchen eine eigene Beweglichkeit haben oder nicht. Endlich ist das Verhalten gegen Färbemittel zu untersuchen, was nicht nur zur Unterscheidung ähnlicher Formen sehr wichtig ist, sondern ganz besonders zur Auffindung der Formen innerhalb der Gewebe.

Von den Stäbchen verschieden sind die Formen, bei denen die rundliche oder Kugelform überwiegt. Diese als Kokken bezeichneten Formen finden sich in verschiedenen Größen. Die kleinsten, welche oft nur mit den besten Vergrößerungen und nach zweckmäßiger Färbung sichtbar gemacht werden können, werden als Mikrokokken unterschieden.

Kokken wie Bazillen bilden sehr häufig Kolonieen, die durch eine Schleimmasse mehr oder weniger zusammenhängen, die sogenannte Zooglöamasse. Wo solche Bildungen vorkommen, dienen sie oft als charakteristische Unterschiede zwischen sonst sehr ähnlichen Formen, so dass man schon danach die Diagnose stellen kann.

Mit Hilfe dieser Methoden hat man bei einer Anzahl von Infektionskrankheiten bestimmte, gut charakterisirte Mikroorganismen nachweisen und durch Reinkulturen von andern trennen können. Sehr wichtig für diesen Nachweis ist das eben erwähnte Verhalten der Bakterien gegen Farbstoffe, welche oft nur dadurch mikroskopisch sichtbar gemacht werden können, dass man die Gewebe in die Farbstofflösung legt, den Farbstoff wieder herauswäscht, während die Bazillen gefärbt bleiben. Man kann dann noch die Gewebe mit einer andern Farbe imprägniren, durch welche Doppelfärbung die Erkennung noch erleichtert wird. Hat man auf diese Weise einen Mikroorganismus isolirt und vermutet man in ihm die Ursache einer bestimmten Krankheit, dann ist noch eine zweite, viel schwierigere

Aufgabe zu lösen. Man muss nachweisen, dass man mit diesem Mikroorganismus wieder dieselbe Krankheit erzeugen kann. Dazu muss man Infektionen an gesunden Tieren vornehmen, und sehen, ob die betreffende Krankheit entsteht mit allen charakteristischen Symptomen und ob sich dabei die Mikroorganismen im lebenden Körper vermehren. Dieser Nachweis ist bis jetzt nur für einige wenige Krankheiten geführt. Er scheitert bei andern daran, dass es nicht gelungen ist, die Krankheit bei Tieren zu erzeugen. Ich werde in den folgenden Vorlesungen das Wesentlichste dessen, was bis jetzt festgestellt worden ist, bei Besprechung der wichtigsten Krankheiten anführen.

Zweiundfünfzigste Vorlesung.

Akute Exantheme.

Eigentümlichkeiten der akuten Exantheme. — Immunität. — Impfung mit ächtem Pockengift. — Impfung mit Kuhpocken. — Beschränkte Wirksamkeit der Impfung. — Obligatorische Impfung. — Impfgegner. — Verfahren bei der Impfung. — Mangelhafter Erfolg der Impfung. — Konservirung der Lymphe. — Verhalten bei Ausbruch der Blattern. — Die andern akuten Exantheme.

Eigentümlichkeiten der akuten Exantheme.

473. Eine eigentümliche Gruppe innerhalb der infektiösen Krankheiten stellen die akuten exanthematischen Krankheiten dar. Ihnen ist gemeinsam, dass sie in hohem Grade kontagiös sind, dass neben der Allgemeinerkrankung stets eine Lokalerkrankung von bestimmter Beschaffenheit vorhanden ist, welche in der Haut und den Schleimhäuten des Mundes, Rachens und der Nase ihren Sitz hat, und dass die Inkubation stets eine ganz bestimmte Zeit innehält, welche bei den einzelnen Krankheiten dieser Gruppe verschieden ist, bei jeder aber nur sehr wenig, fast nur um Stunden schwankt. Ferner ist charakteristisch, dass sie mit hohem Fieber einhergehen und dass dem Ausbruch des Exanthems ein Prodromalstadium vorausgeht, bei welchem bestimmte Affekte verschiedener Organe auftreten, welche Erscheinungen für jede dieser Krankheiten charakteristisch sind, und dass die Exantheme gleichfalls einen ganz typischen Verlauf nehmen, eine Akme erreichen und dann verschwinden.

Wir rechnen zu dieser Gruppe: Scharlach (*Scarlatina*), Masern (*Morbilli*), Röteln (*Rubeolae*), Pocken oder Blattern (*Variola*) mit den Unterarten *Variola vera* und *Variolois* und die Wasser- oder Windpocken (*Varicellae*). Unter ihnen sind besonders gefährlich die Blattern, welche oft zum Tode führen, während die andern etwas milder sind; doch kann auch die Scharlach-, seltner die Masernkrankheit in Folge von Nachkrankheiten tötlich enden. Bei der außerordentlichen Bestimmtheit des Symptomenkomplexes, welcher für jede der Krankheiten ein typisches Bild ergibt, so dass man schon aus einigen Anzeichen die Diagnose stellen kann, ist es für alle diese Krankheiten in hohem Grade wahrscheinlich, dass es sich um direkte Infektion mit spezifischen Krankheitskeimen handelt. Ein wirklicher

Nachweis ist aber für diese Auffassung noch nicht geliefert worden. Man findet freilich in der sogenannten Lymphe der Pockenpusteln wie in den Organen der an Pocken Gestorbenen stets Bakterien, aber diese sind, wie es scheint, in den erkrankten Körper eingewandert, nicht aber als Ursache der Erkrankung anzusehen. Gerade die bei den Pocken am besten bekannte Wirkung der Impfung ist an die Gegenwart jener Bakterien nicht gebunden.

474. Was aber am meisten bei dieser Krankheitsgruppe hervorzuheben ist, das ist der wichtige Umstand, dass Menschen, welche einmal von einer dieser Krankheiten befallen sind, gegen dieselbe eine Immunität erlangen, so dass es äußerst selten vorkommt, dass ein Mensch dieselbe Krankheit zweimal bekommt. Selbst in den seltnen Fällen, wo dies ausnahmsweise doch geschieht, ist immer noch ein gewisser Grad von Immunität vorhanden, welcher sich darin kundgibt, dass die zweite Erkrankung stets viel milder verläuft. Immunität.

Diesem Umstand ist es wohl auch zuzuschreiben, dass die Mehrzahl dieser Krankheiten recht eigentliche Kinderkrankheiten sind. Denn bei der großen Ansteckungsfähigkeit derselben entgeht fast niemand dem Schicksale, sie sich in früher Jugend zuzuziehen; hat er sie aber einmal überstanden, dann ist er eben für die Zukunft geschützt. Die Übertragung erfolgt von Kranken auf gesunde Menschen bei unmittelbarem Zusammensein, wahrscheinlich durch kleinste vom Körper des Kranken sich loslösende Partikelchen, welche in der Luft schweben und dann eingeatmet oder verschluckt werden oder an kleinen Verletzungen der Haut oder Schleimhäute Eingang finden; sicher aber auch durch Kleider, Wäsche u. d. g. Welcher Art diese Ansteckungsstoffe sind, weiß man nicht. Dass sie an den Resten der erkrankten Haut haften, welche im Abheilungs- oder Abschuppungsstadium mit den Epithelien abgestoßen werden, ist wahrscheinlich. Es kommen aber auch Ansteckungen im Initialstadium der Krankheiten vor.

475. Künstlich kann man die Krankheit übertragen, namentlich bei den Blattern, durch Impfung mit dem Inhalt der Blatternpusteln, der sogenannten Lymphe. Bei den großen Verheerungen, welche früher die Pocken anrichteten, kam man deshalb auf den Gedanken, diese Übertragung absichtlich vorzunehmen. In Indien und China soll diese Pockenimpfung seit langer Zeit üblich gewesen sein. Sicher aber ist, dass sie in Europa im vorigen Jahrhundert vorgenommen wurde, weil man es für zweckmäßig hielt, die Krankheit zu einer Zeit zu acquiriren, wo man im übrigen gesund ist und sich darauf vorbereiten kann. Bei dem großen Interesse, welches sich an dieses Impfung mit ächtem Pockengift.

Verfahren knüpft, will ich hier eine Stelle aus einem Memoirenwerke des vorigen Jahrhunderts einschalten, das auch sonst viel politisch und kulturhistorisch Bedeutsames enthält.

Aus den Memoiren des Herrn Dufort Grafen Cheverny, aus der Zeit Ludwig XV., Ludwig XVI. und der Revolution, herausgegeben von Robert de Crevecoeur. (Paris 1886).

„Meine Frau hatte von jeher große Angst vor der Pockenkrankheit gehabt; der Tod unsres Freundes Soullet hatte dieselbe verdoppelt. Sie vermied öffentliche Orte oder besuchte sie nur mit Widerwillen. Der Anblick einer durch die überstandene Krankheit noch rot aussehenden Person erregte sie auffallend; Herbst und Frühling waren für sie regelmäßig Trauerzeiten wegen des plötzlichen Verlustes mehrerer Freunde.

Die öffentlichen Blätter waren damals (1763) voll von der Wunderwirkung der Impfung. Chevalier de Chastellux, mein alter Freund, hatte sich um diese Zeit vom englischen Arzt Hosty impfen lassen; die Gräfin Pignatelli hatte infolge der Impfung die bösartige, zusammenfließende Blatternkrankheit bekommen, war aber mit dem Leben davon gekommen. Ich machte mich daran, alle Schriften für und gegen die Impfung zu lesen, ging dann selbst noch auf Informationen aus und, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Gefahr, die Krankheit durch Impfung zu bekommen, sich wie eins zu hundert verhielt, während die, sie auf natürlichem Wege zu erhalten, wie eins zu fünfzig war, entschloss ich mich zu Dr. Hosty zu gehen.

Dieser Mann, mehr Chirurg als Arzt, kannte die Methode der Impfung aufs genauste und wusste jede Frage zu beantworten. Wenn man ihm sagte, dass die Impfung nicht vor den Blattern schütze und Beispiele dafür nannte, läugnete oder entkräftete er sie, indem er sagte, dass diejenigen, die von ihm geimpft seien und dennoch die Blattern bekämen, mit seinem Zeugnis nach England gehen könnten, um sich eine Prämie von 300,000 Frcs. auszahlen zu lassen, die durch Subskription zusammengebracht sei für denjenigen, der rechtlich nachweisen könne, dass er die Krankheit bekommen habe, nachdem er regelrecht geimpft worden war.

Nachdem ich meine Erkundigungen gründlich eingezogen hatte, war es nicht schwer, meine Frau zu überzeugen. Sie zögerte nicht, sich von einer Sorge zu befreien, die sie täglich verfolgte; wir handelten also in Übereinstimmung. Mein ältester Sohn war eben sieben Jahr alt. Ihm war damit auch ein Dienst geleistet: wir entschlossen uns deshalb, ihn zu gleicher Zeit impfen zu lassen. Das Parlament hatte ein sehr weises Gesetz erlassen*), dass diese Art Operationen nur außerhalb der Städte vorgenommen werden durften. Dasselbe Gesetz herrschte in England, weil die Beobachtung gemacht

*) Vorher hatte das Parlament bei der medizinischen und bei der theologischen Fakultät angefragt: „ob es erlaubt sei, sich eine Krankeit zuzuziehen, die man vielleicht nicht von selbst bekommen würde."

worden war, dass die von einem Geimpften auf einen Ungeimpften übertragenen Blattern fast immer tötlichen Ausgang hatten.

Wir mussten nun ein Unterkommen suchen. Der gute Abbé de Mégrigny war mit dem Architekten bekannt, der von den Pajot d'Onsenbray'schen Erben (zu denen wir auch gehörten) das schöne Haus in Bercy gekauft hatte; er schlug ihm vor, die Niederreißung zu verschieben und es mir, wie es war, auf drei Monate zu vermieten. Das Geschäft war bald gemacht und ich beeilte mich einige unentbehrliche Möbel und Vorräte hinschaffen zu lassen. Von meinem ganzen Haushalt behielt ich nur das Kammermädchen meiner Frau, einen Diener, den Kutscher und den Koch; alle andern, welche die Blattern noch nicht gehabt hatten, schickte ich nach Saint-Leu, da ich es für meine erste Pflicht hielt, Keinen meiner Umgebung einer Gefahr auszusetzen.

Herr v. Barassy erbot sich, uns Gesellschaft zu leisten; Dr. Duchesnay versprach zu meiner Verfügung zu sein, wenn ich ihm zwei Pferde und einen Wagen überließe; Herr de Berry, mit dem ich seit unserm Aufenthalt im Bad eine warme Freundschaft geschlossen hatte, versprach uns oft zu besuchen. Der Abbé Mégrigny erkrankte und starb bald darauf an einem Lungengeschwür.

Nachdem somit Alles vorbereitet und der bestimmte Termin herangerückt war, begab ich mich zu Meister Hosty. Ich hatte nicht die Absicht mich selbst impfen zu lassen; trotz des Beispiels meines Freundes Soullet, glaubte ich vor der Krankheit geschützt zu sein; aber in einem Moment stürzte er meinen Plan um und versicherte, lieber auf die Impfung zu verzichten, als zu gestatten, dass ich zugegen sein dürfte, ohne mich selbst impfen zu lassen.

Mein Entschluss war bald gefasst. Es wurde sogleich bestimmt, dass wir, meine Frau und ich, nur Hühner, Kaninchen und Spinat in Wasser gekocht genießen, auch keinen Tropfen reinen Weins trinken sollten. Während der drei Wochen dieses strengen Regimes mussten wir zweimal wöchentlich Abführmittel nehmen. Für meinen Sohn wurde keinerlei Änderung in der Lebensweise angeordnet, da er erst sieben Jahr alt war und noch keinen Bissen Fleisch genossen hatte.

Wir führten die Vorschriften gewissenhaft aus und am bestimmten Tage begaben wir uns nach Paris. Hosty erscheint und handhabt sein Instrument: eine in einem kleinen viereckigen silbernen Behälter verborgene Lanzette, die nur soweit hervortritt um die Haut zu ritzen. Es kamen kaum einige wenige Tropfen Bluts zum Vorschein. Sogleich legt er ein Pflaster auf, welches durch Blatterpusteln der besten Art gezogen worden war. Er fing mit mir an unterhalb des linken Kniees, an der Innenseite, nimmt dieselbe Operation bei meiner Frau vor, dann bei meinem Sohn und befestigt die Pflaster mit Binden wie beim Aderlass. Wir gingen zu Bett und siedelten den andern Morgen nach Bercy über, wo Alles vorbereitet war.

Wir erfreuten uns der besten Gesundheit: man leistete uns treu Gesellschaft und Hosty kam täglich, uns zu sehen. Endlich am vierten Tag, als er den Verband abnahm, bemerkte er eine ziemlich starke Pustel in der Mitte der geimpften Stelle und verkündete mir, in belehrendem Ton, dass ich mich

glücklich preisen könne, geimpft worden zu sein, da ich mit aller Sicherheit die Blattern auf natürlichem Wege bekommen hätte. Er versicherte, dass der Ausbruch sehr stark und reichlich sein werde. Nach seiner Ansicht bekäme sie meine Frau nicht und mein Sohn nur sehr wenige. In der That machte sich die Impfung bei meiner Frau gar nicht bemerklich. Trotz aller Versicherung Hosty's, dass sie niemals die Krankheit bekommen werde, genügte ihr der Schutz nicht und ihre ängstliche Natur verlangte eine noch größere moralische Sicherheit. Hosty machte ihr darauf den Vorschlag, an dieselbe Stelle ein Zugpflaster aufzulegen und die Wunde mit Blatterngift zu bedecken. „Jetzt, Madame“ sagte er „werden Sie überzeugt sein und ich wette meinen Kopf, dass Sie sie nie bekommen“ Sie geht darauf ein, er macht die Operation, die Wunde schließt sich nach vier Tagen und nun war sie beruhigt.

Inzwischen befand ich mich äußerst wohl, da verordnete mir Hosty einen Aderlass am Fuß. Man entzog mir morgens drei Aderlassbecken Blut *). Um 10 Uhr ging ich bei schönem Wetter hinunter in den Garten; ich gehe hin und her und spiele mit meinem Sohn auf einer Terrasse am Wasser. Ich sage, er solle mir meinen Stock zurückgeben, weil ich nach Hause gehen wolle; er lässt ihn die Stufen der Terrasse hinunter gleiten und derselbe trifft mich gerade an der Stelle des Aderlasses. Augenblicklich brach das Blut hervor, so dass es einen langen Streifen auf meinem Weg zum Hause färbte. Es dauerte eine Zeit lang, bis es gestillt werden konnte, und es war nicht festzustellen, wie viel ich verloren hatte. Dieser glückliche Zufall hat mir wahrscheinlich das Leben gerettet. Am siebenten Tag trat Fieber ein und in der Nacht stieg es ziemlich hoch. Duchesnay, der inzwischen zu mir gezogen war, wachte bei mir. Die Blattern traten hervor in so starkem Maaß, wie sie selten gesehen wurden; mein ganzer Körper war angeschwollen, meine Augen kaum zu öffnen, ich sah schrecklich aus. Meine Frau und meine Freunde bestanden alle Gefahren. Endlich nach sieben Tagen ließ das Fieber allmählich nach. Am dreizehnten Tag beschlossen wir, des Luftwechsels wegen, nach St.-Leu überzusiedeln, ohne Aufenthalt in Paris zu nehmen wegen des vorerwähnten Gesetzes.

Ich hatte bis dahin meinen Sohn noch nicht gesehen, aber man hatte mir versichert, dass er eine sehr gutartige Blatternkrankheit gehabt habe. Plötzlich tritt die Wärterin bei mir ein und sagt in großer Aufregung: „Gnädiger Herr, ich weiß nicht, was mit Ihrem Herrn Sohn vorgeht; seit zwei Stunden liegt er unbeweglich wie ein Stein. Herr Hosty hatte uns doch gesagt, es sei Alles gut.“ Ich eile mit Duchesnay, der seine Behandlung nicht geleitet hatte und ihn wie ich in der Rekonvalescenz vermutete, zu ihm. Das arme Kind lag bewusstlos da. Duchesnay entschließt sich kurz, besteigt mit ihm und der Frau des Kutschers meinen Wagen und fährt nach Paris. Meine Impfung hatte zu viel Aufsehen gemacht, als dass ich hätte wagen können, ihnen zu folgen, so brachte man mich nach Saint-Leu. Meine Sorge stieg auf's höchste.

*) Das ist ungefähr 350–400 Gramm.

Folgendermassen erging es meinem Sohn. In Paris angekommen brachte man ihn zu Bett und DUCHESNAY ließ sogleich, bevor er die Behandlung begann, HOSTY holen. HOSTY kommt: sowie er den Zustand des Kindes bemerkt, reißt er seine Perrücke vom Kopf, sagt das Kind ist tot, es ist ein bösartiges Fieber, man muss die Natur walten lassen. Er schreit, dass die Impfung für Frankreich verloren sei, kurz er hat vollständig den Kopf verloren. DUCHESNAY, der im gewöhnlichen Leben der sanfteste und zurückhaltendste Mensch ist, widersetzt sich mit aller Macht dieser verzweifelnden Auffassung. Er wird lebhaft, er trifft seine Anordnungen wie ein Feldherr und bedeutet HOSTY, dass er mir gegenüber die Verantwortung für das Kind übernehme. HOSTY zieht sich zurück unter Seufzen und Wehklagen wie ein Verrückter.

Darauf ordnet DUCHESNAY zwei Aderlässe am Fuss an, einen nach dem andern in zwei Stunden; da keine Besserung eintritt, lässt er abends den Aderlass wiederholen und gibt drei Gran Brechweinstein.

Dieses letzte Mittel hatte Erfolg, und das Kind kehrt Morgens 5 Uhr zum Bewusstsein zurück. Die Kutschersfrau, die ihn für tot gehalten hatte, bricht in Jubel aus und schickt mir einen Boten. Ein Faulfieber bricht aus, das mit dem siebenten Tag aufhört. Diese Heilung gab auch mir das Leben wieder und erleichterte den Schmerz über den Verlust des ABBÉ MÉGRIGNY, welcher uns stets ein lieber Freund gewesen war.

Ich hatte wenig Lust, mich in meinem Zustand in Paris sehen zu lassen. Ich kam nur, um meinen Sohn flüchtig zu sehen. Es war nicht mehr dasselbe Kind. Erschöpft von so schweren Anfällen war er von einer bemitleidenswerten Schwäche. Man musste mehr als 14 Tage warten, ehe man ihn nach Saint-Leu bringen konnte, wo wir November und Dezember blieben."

476. Sie können wohl denken, dass solche Impfungen nicht allzuhäufig vorgenommen wurden. Inzwischen forderten die Blattern immer neue Opfer. Da kam der englische Arzt EDWARD JENNER auf den Gedanken, statt der gefährlichen Impfung mit echten Blattern die Impfung vorzunehmen mit den sogenannten Kuhpocken (*Variola vaccina*): Man beobachtete bei Kühen Pusteln, meistens auf dem Euter der Tiere, welche denen der Menschenpocken ähnlich sind, aber stets in milder Weise verliefen. Es kam öfter vor, dass Personen, die mit den Kühen zu thun hatten, wenn sie zufällig eine Verletzung hatten und sich infizirten, dann regelmäßig Pusteln bekamen, dass aber die Krankheit milde verlief. Vielleicht war auch schon gelegentlich beobachtet worden, dass solche Personen gegen die ächten Pocken immun waren. Jedenfalls gebührt aber JENNER das Verdienst, durch den Versuch bewiesen zu haben, dass diese milde Form der Pocken, auf den Menschen übertragen, Immunität gewährt. So ging von England aus, wo, wie wir gesehen haben, auch die Impfung der ächten Blattern geübt wurde (eine Lady MONTAGUE soll sie dort zuerst an ihrem Sohne mit Erfolg haben vollziehen lassen) die Schutzpocken-

Impfung mit Kuhpocken.

impfung über die ganze Welt und hat sich in einzelnen Ländern ganz besonders eingebürgert, Dank der Fürsorge der Regierungen, welche durch Ermahnungen und Prämienverteilung zu ihrer Verbreitung beitrugen. Während in Deutschland auf diese Weise die Blattern, die noch vor 40 Jahren eine der gefährlichsten Seuchen waren, so dass Tausende von Menschen an ihr zu Grunde gingen, andre Tausende mit knapper Not, häufig unter Einbüßung des Augenlichts, mit dem Leben davon kamen und Leute mit Blatternnarben die Mehrheit der Bevölkerung ausmachten, durch Impfung immer seltner wurden, sind sie in anderen Ländern z. B. in Österreich und Frankreich häufiger geblieben, weil die Impfung dort nicht im gleichen Maße Eingang gefunden hatte.

Beschränkte Wirksamkeit der Impfung.

477. Als im letzten Kriege unzählige französische Gefangene in das Innere von Deutschland verschickt wurden, verbreitete sich die Krankheit aber von neuem, und es stellte sich heraus, dass die Impfung einen ungenügenden Schutz gewährte. Wir wissen jetzt, dass die Impfung keinen absoluten Schutz gewährt und nicht mehr so wirksam ist, wie sie früher war, wahrscheinlich hauptsächlich darum nicht, weil man von Generation zu Generation die Lymphe übertragen hatte auf einen zweiten und dritten Menschen, wobei dieselbe ihre schützende Eigenschaft allmählich eingebüßt hat. Außerdem muss wohl angenommen werden, dass durch die Sicherheit, in welche die Bevölkerung gewiegt war, das Impfgeschäft nicht immer sorgfältig genug vorgenommen wurde. Während in meiner Kindheit die Kinder noch mit 10–12 Pusteln auf jedem Arm geimpft wurden, begnügte man sich später mit 3–4, und es fragt sich, ob nicht auch dadurch der Schutz unsichrer geworden ist. Aber auch davon abgesehen, steht es jetzt fest, dass die Impfung mit Kuhpocken, seien sie direkt von der Kuh entnommen oder erst durch den Menschen gegangen, kein absoluter, sondern nur ein relativer, in der Zeit beschränkter ist. Soviel sich übersehen läßt, ist es noch nicht gelungen, einen Fall nachzuweisen, in dem ein Mensch die Blattern bekommen hat innerhalb 5–7 Jahren nach der Impfung; dagegen häufen sich die Fälle, in denen trotz der nachweislichen guten Impfung nach längerer Dauer Menschen von Blattern befallen worden sind. Aber selbst dann ist ein geringer Einfluss der Impfung noch nachzuweisen in dem mildern Verlauf und dem seltnern Vorkommen von Todesfällen. Man ist deswegen jetzt der Meinung, dass es, um sich einen sicheren Schutz zu verschaffen, notwendig ist, statt der Impfung von Arm zu Arm oder mit sogenannter humanisirter Lymphe, deren Wirksamkeit

eine zweifelhafte ist, wieder auf die direkte Impfung von Kuhlymphe zurückzugreifen. Man strebt deshalb an, überall Institute einzurichten, in denen Kälber gehalten werden, die man absichtlich mit Kuhlymphe impft, um von diesen die Impfung auf den Menschen zu machen. Solche Institute müssen bestehen aus einem sorgfältig gepflegten Stall unter Aufsicht eines Impfarztes, in welchem Kälber gehalten werden nur zu dem Zweck, möglichst viel und gute Lymphe zu gewinnen. Man impft von der Kuh oder von Menschen Vaccinepusteln auf die Bauchhaut der Kälber über, wartet den Verlauf ab und überträgt dann die Lymphe wieder auf andere Kälber. Da aber die Menschen, welche geimpft werden sollen, nicht immer in die Ställe kommen können, so muss man die Lymphe verschicken. Das beste Verfahren dazu besteht darin, dass man den Inhalt der Pusteln verdünnt und in kleine kapilläre Glasröhrchen bringt, welche man zuschmilzt. Statt der klaren Lymphe kann man auch die ganze Pustel abschaben und zerreiben. Man verwendet zum Verdünnen sorgfältig sterilisirtes Wasser und Glyzerin. So bereitete Lymphe hält sich Wochen und Monate lang, ohne ihre Wirksamkeit einzubüßen.

Obligatorische Impfung.

478. Nachdem die segensreiche Wirksamkeit der Schutzpockenimpfung trotz aller gegen sie erhobnen Zweifel durch vielfältige Erfahrung bewiesen ist, müssen wir es durchaus für gerechtfertigt erachten, dass durch das neue Impfgesetz (vom 8. April 1874) im deutschen Reich die Impfung obligatorisch gemacht ist für alle Kinder im Lauf des ersten, spätestens bis zum Ablauf des zweiten Lebensjahrs. Es werden deshalb sämtliche Ärzte mit einer genügenden Menge Lymphe aus den staatlichen Lymphanstalten versehen. Die amtlichen Impfärzte schreiben Termine aus, an denen die Kinder vorgeführt und geimpft werden müssen, sofern die Eltern es nicht vorziehen, sie von Privatärzten impfen zu lassen. Die Impfung soll in der Regel vor Ablauf des 4ten Lebensmonats vorgenommen werden. Ausgenommen sind nur Kinder, bei denen wegen Krankheit mit der Impfung einige Zeit gewartet wird. Da aber die Impfung nicht sicher das ganze Leben hindurch schützt, so wird auf möglichste Beförderung der wiederholten Impfung gesehen. Zu diesem Zweck müssen die Kinder im zwölften Lebensjahre sämtlich revaccinirt werden. Sie müssen dies durch ärztliche Bescheinigung nachweisen, wenn sie in eine höhere Schule aufgenommen werden wollen oder zu einem Meister in die Lehre kommen. Endlich werden alle jungen Männer zwangsweise revaccinirt, wenn sie ins Militär eintreten. Hiermit hört der staatliche Zwang auf. Wir sollten aber unsern Einfluss dahin geltend

machen, dass sich alle Menschen freiwillig von Zeit zu Zeit, etwa alle 5—6 Jahre, revacciniren lassen.

Impfgegner. **479.** Gegen die Impfung ist von vielen Seiten der Einwand erhoben worden, dass sie gar nichts nütze, ja in vielen Fällen schade. Was das letztere anlangt, so haben sich Laien und Ärzte, besonders solche, die sich Anhänger der unklaren sogenannten Naturheillehre nennen, vieler Übertreibungen schuldig gemacht. Aber es ist nicht zu leugnen, dass die Impfung schädliche Nebenwirkungen haben kann. Erstlich wenn nicht mit genügender Vorsicht vorgegangen wird, wenn die Instrumente nicht rein sind, kann von den kleinen Wunden aus eine Wundkrankheit (Erysipel) entstehen. Dann ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, besonders wenn es sich um Überimpfung von Menschen auf Menschen handelt, dass auch andere Krankheiten übertragen werden. Es ist daher die größte Vorsicht nötig. Die Impfung von Arm zu Arm darf nur vorgenommen werden, nachdem man sich überzeugt hat, dass die zu benutzenden Pusteln vollkommen normal und gut entwickelt und dass die Kinder, von denen abgeimpft werden soll, vollständig gesund und insbesondere nicht mit ansteckenden Krankheiten behaftet sind. Wird konservirte Lymphe verwendet, so muss dieselbe aus einer zuverlässigen Quelle bezogen sein und darf erst unmittelbar vor dem Gebrauch aus den Glasröhrchen entleert werden. Es würde auch gut sein, mit einer Probe der Lymphe vorher eine Probeimpfung an einer Kuh zu machen, wenn man dazu Gelegenheit hat. Wendet man alle Vorsichtsmaßregeln an, so wird die Impfung ohne allen Nachteil sein und die erzeugten Vaccinepusteln werden einen vollkommen typischen Verlauf zeigen.

Verfahren bei der Impfung. **480.** Zur Vornahme der Impfung wird die Haut mit einem scharfen, sorgfältig gereinigten Instrument aufgeritzt bis in das Korium, denn das Lymphgift wirkt nicht durch die Epidermis und muss in das Korium gebracht werden. Man macht gewöhnlich am Oberarm jederseits 3—4 oder auch mehr seichte Einschnitte mit der Lanzette, nachdem man vorher die Haut sorgfältig gereinigt hat. Man taucht die Lanzette in die Lymphe und bringt diese durch Streichen mit der Fläche in die Einstiche. Es soll dabei kein Blut fließen, denn das ausströmende Blut bringt die Gefahr mit sich, dass der Lymphstoff fortgespült wird und die Impfung fehl schlägt. Ehe die geimpfte Stelle wieder bekleidet wird, muss sie vollkommen trocken geworden sein. Eines weitern Schutzes der kleinen Wunden durch Verbände bedarf es nicht.

Ist die Impfung gelungen, was bei Erstgeimpften immer der

Fall sein wird, wenn die Lymphe gut und die kleine Operation richtig ausgeführt worden ist, so wird sich folgendes zeigen: Am 3. Tage röten sich die feinen Impfstiche, die man kaum sieht, am Rande und schwellen am 4. etwas an; ein leichtes Jucken stellt sich ein, und man muss die Geimpften (wenn es sich nicht um kleine Kinder handelt) aufmerksam machen, dass sie nicht reiben oder kratzen. Am 5. Tage hebt sich die Epidermis ab und es bildet sich eine von einem roten Hof umgebene Pustel, unter der eine klare Flüssigkeit, die Lymphe, sich ansammelt. In der Mitte der Pustel bildet sich eine kleine Delle. Am 8. Tag wird die Pustel ihre größte Höhe erreichen, sie wird vollkommen wasserhelle Flüssigkeit enthalten, welche man entleeren und eventuell zum Überimpfen benützen kann. Geschieht dies nicht, so wird die Pustel noch etwas größer, der Inhalt wird eitrig, trocknet ein, es bildet sich ein Schorf, welcher sich etwa am 12. Tage abstößt und eine vertiefte, bis in das Korium hineinreichende Grube hinterläßt, die mit einer strahligen Narbe abheilt. Zwischen dem 10. und 12. Tage ist gewöhnlich ein leichtes Fieber vorhanden. Die Narben verlieren sich meistens im Laufe der Jahre vollkommen.

481. Macht man die Revaccination bei Menschen, welche schon früher regelrechte Pusteln gehabt haben, so sind die Erfolge sehr verschieden. In vielen Fällen hat die Impfung gar keinen Erfolg, selbst wenn man mit der sorgfältigsten Umsicht verfahren ist. Man ist dann unsicher, ob die Lymphe wirksam war oder vielleicht nicht resorbirt worden ist. Man wird feststellen müssen, ob andere Leute, die mit derselben Lymphe geimpft worden sind, Pusteln bekamen. Immer wird man in solchen Fällen die Impfung zu wiederholen haben. Aber es scheint, dass bei der Revaccination mit guter Lymphe zuweilen eine abortive Entwicklung sich zeigt, dass zwar die leichten Schnittwunden sich etwas entzünden und anschwellen, dass es aber zu keiner echten Pustelentwicklung kommt. Hier scheint eine Art von Immunität von frühern Impfungen vorhanden zu sein. Bleibt auch eine zweite Impfung mit Lymphe, deren Wirksamkeit erprobt ist, erfolglos, dann wird man sich beruhigen und annehmen können, dass die Impfung ihre Dienste gethan hat, aber dass es zur Pustelbildung nicht kommen konnte wegen des noch vorhandenen Schutzes. Wenn aber bei Erstgeimpften die Pustelbildung ausbleibt, dann muss man die Impfung auf alle Fälle wiederholen, denn das kann nur an einem Mangel der Lymphe oder des Verfahrens liegen.

Mangelha[f] Erfolg de[r] Impfung.

Konservirung der Lymphe.

482. Will man von Menschen abimpfen, so sucht man unter den erstgeimpften Säuglingen kräftige und gesunde aus, deren Pusteln gut entwickelt sind, öffnet die Pustel am 8. Tage durch einen Kreuzschnitt, so dass die klare, reine Lymphe austritt, und benetzt mit dieser durch Eintauchen die Lanzettspitze, um so die Lymphe sofort in die Hautschnitte des neuen Impflings zu übertragen. Will man die Lymphe für spätern Gebrauch sammeln, so führt man das kapillar ausgezogene Glasröhrchenende in die geöffnete Pustel ein, lässt es sich vollsaugen und verschließt die Enden mit Siegellack oder durch Zuschmelzen in der Flamme einer Spiritus- oder Gaslampe. Das alles gilt auch für die Pusteln von Kühen. Will man mit Lymphe aus Glasröhrchen impfen, so bricht man die Spitzen derselben ab, lässt den Inhalt auf eine reine Glasplatte (Objektträger) laufen und benetzt darin die Impflanzette. Man thut gut, nicht mehr Lymphe aus den Röhrchen zu entnehmen, als man verbrauchen will. In Notfällen darf man den Rest nach Zusatz eines Glyzerintropfens wieder aufsaugen und einschließen. Jedenfalls muss alles, was beim Impfen benutzt wird, vorher aufs sorgfältigste sterilisirt werden. Die Glasplättchen müssen sorgfältig gereinigt und über einer Spiritusflamme getrocknet werden, damit alles, was auf denselben sich befindet und eine fremde Infektion bewirken könnte, zerstört wird. Die Instrumente müssen vor der Impfung desinfizirt werden, am besten durch 5 % Karbollösung oder 1 % Sublimat, dann mit Alkohol und zuletzt mit heißem destillirtem Wasser abgespült, mit sterilisirter Watte abgewischt und in der Flamme getrocknet werden. Unter solchen Vorsichtsmaßregeln wird das Impfgeschäft unschädlich sein.

Verhalten bei Ausbruch der Blattern.

483. Da es immer noch Leute gibt, welche nicht vollkommen sicher geimpft sind oder wegen zu langer Zeit nach der Impfung wieder befallen werden und die Krankheit im Verkehr der Nationen durch nicht geimpfte Menschen eingeschleppt werden kann, so muss Vorsorge getroffen werden, dass der Ansteckungsstoff ferngehalten wird. Von jedem vorkommenden Blatternfall muss sofort, der Sicherung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln wegen, der Polizeibehörde Anzeige gemacht werden. Es ist unbedingt nötig, dass alle mit Blattern behafteten Menschen isolirt werden. Die Behandlung darf daher nicht in Privatwohnungen, sondern muss in besonders eingerichteten Spitälern oder einzeln stehenden Baracken erfolgen. Während der Behandlung darf zwischen den Krankenpflegern und der Außenwelt möglichst wenig Verkehr sein, die betr. Wärter dürfen nicht auch noch andre Kranke pflegen, die Ärzte keine andern als Blatternkranke

behandeln oder müssen sich, wenn das nicht zu umgehen ist, in gehöriger Weise desinfiziren. Stirbt ein Blatternkranker, so ist auch die Leiche als sehr ansteckend mit besondrer Vorsicht zu behandeln, worüber ich an andrer Stelle noch sprechen werde. Dasselbe gilt von der Wäsche, den Betten, den Zimmern, kurz von allem, was mit dem Kranken in Berührung gewesen ist.

484. Dieselben Vorsichtsmaßregeln finden sinngemäße Anwendung auch bei den andern akuten Exanthemen. Erkrankt ein Kind an Masern, Scharlach oder einer andern der genannten Krankheiten, so ist es von seinen Geschwistern zu isoliren. Strenge innegehalten wird aber dieses Gebot nur beim Scharlach. Selbst bei Masern, mehr aber noch bei Röteln und Varizellen ziehen es viele Eltern vor, bei Erkrankung eines Kindes die andern nicht zu entfernen, damit sie die Sache gleich auf einmal abmachen. Eine solche fatalistische Auffassung, welche das Überfallenwerden für etwas doch nicht zu vermeidendes ansieht, hat auch ihre Berechtigung, da bei unsern Verkehrsverhältnissen, beim Zusammenkommen von Kindern auf Spielplätzen und in der Schule die Ansteckung durch keine noch so große Vorsicht zu vermeiden ist. Es gibt deshalb auch wenige Menschen, welche diese Krankheiten nicht schon in den Kinderjahren durchmachen, und von diesen wenigen bekommen sie Einzelne doch noch später, z. B. Mütter durch Ansteckung von ihren eignen Kindern. **Die andern akuten Exantheme.**

Da die Schulen hauptsächlich zur Verbreitung beitragen, so dürfen Kinder nach der Erkrankung nicht eher wieder in die Schulen geschickt werden, als bis die Krankheit vollkommen abgelaufen, das Kind gebadet und alles, was mit ihm in Berührung gekommen war, gründlich desinfizirt worden ist. Da die Ansteckung auch durch Zwischenpersonen, welche selbst gesund bleiben, sowie durch Kleider solcher Zwischenpersonen übertragen werden (wie denn nicht selten gerade die Ärzte die Übertragung vermitteln, wenn sie von einem erkrankten Kinde in andre Häuser oder zu ihren eignen Kindern gehen), so dürfen auch die Geschwister der erkrankten Kinder nicht die Schule besuchen. Zur Überwachung aller gegen die Verbreitung für erforderlich erachteten Maßregeln ist an vielen Orten dem Arzte zur Pflicht gemacht, von jedem zu seiner Kenntnis gelangten Fall der Polizeibehörde oder dem Amtsarzt Anzeige zu machen. Bei größern Epidemieen hat man auch die Schließung der Schulen für nötig erachtet, eine Maßregel von zweifelhaftem Wert, namentlich bei Schulen, welche auch von auswärtigen Kindern besucht werden, da auf diese Weise die Epidemieen nicht selten in andre Orte verpflanzt werden.

Einen persönlichen Schutz des einzelnen Individuums, wie er bei den Blattern durch die Impfung gegeben ist, kennen wir für die andern akuten Exantheme nicht. Unsre Hoffnung, auch dieser Seuchen Herr zu werden, beruht allein auf der Möglichkeit, die uns noch völlig unbekannten Krankheitskeime derselben zerstören und dadurch ihre Weiterverbreitung verhindern zu können. Wie weit diese Hoffnung berechtigt ist, werde ich noch auseinandersetzen. Um so wichtiger ist es aber, wenigstens für die Blattern, welche ja auch die gefährlichste Krankheit dieser Gruppe sind, das kostbare Mittel, das uns die Impfung liefert, nicht preiszugeben. Wir dürfen auch nicht davor zurückschrecken, solche Leute, welche an den Nutzen der Impfung nicht glauben, zur Impfung ihrer Kinder zu zwingen. Der Staat hat nicht nur das Recht, sondern sogar die Pflicht, die unmündigen Kinder gegen ihre Eltern oder Vormünder in Schutz zu nehmen. Ob er auch mündige Personen zur Impfung bzw. Wiederimpfung zwingen darf, kann eher zweifelhaft sein. Bei aller Achtung vor der persönlichen Freiheit würde ich für meine Person aber auch diese Frage bejahen. Wer nicht geimpft ist und dadurch leichter die Blattern bekommen kann, schädigt nicht bloß sich, sondern auch seine Umgebung, insbesondre die noch nicht geimpften Kinder; und diesen gegenüber hat der Staat die Pflicht einzuschreiten.

Dreiundfünfzigste Vorlesung.

Typhöse Krankheiten.

Typhus abdominalis. — Typhusbazillen. — Einfluss des Grundwasserstandes. — Vorgänge im Boden. — PETTENKOFER's Untersuchungen. — BUHL's Untersuchungen. — Deutung derselben. — Infektion durch Trinkwasser. — Epidemie von Lausen. — Verschiedene Infektionswege. — Abwehrmaßregeln. — Typhus recurrens — Typhus exanthematicus.

485. Mit dem Namen Typhus abdominalis (Ileotyphus) oder Typhus schlechtweg bezeichnet man in der Pathologie eine subakute Krankheit, welche den Menschen nach einem Inkubationsstadium von 2–3 Wochen Dauer befällt, mit Fieber auftritt, das in eine *Febris continua* übergeht mit regelmäßigen, täglichen Exacerbationen und Remissionen. Auch bei dieser Krankheit findet neben der allgemeinen Infektion eine lokale Erkrankung statt, welche im Darm ihren Sitz hat und sich kennzeichnet durch entzündliche Schwellung der Follikel des Dünndarms, die sehr häufig zur Geschwürsbildung und Perforation des Darms führen kann, in andern Fällen durch Selbstheilung ohne vieles Zuthun des Arztes in ganz typischer Weise verläuft und sich allmählich verliert. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Infektion vom Darm ihren Ausgangspunkt nimmt, dass der Infektionsstoff auf irgend eine Weise, sei es durch die Luft oder mit Speisen oder dem Trinkwasser in den Darm gelangt und erst nachträglich von da aus durch Aufnahme in den Gesamtorganismus die allgemeine Erkrankung bewirkt. Der Typhus ist an manchen Orten endemisch, an andern unbekannt. Kommen an letztern Typhusfälle vor, so kann man immer ihre Einschleppung von außen nachweisen. Es scheint aber, dass sich dies mit der Zeit ändert. So war früher der Typhus hier in Erlangen ungemein selten, so dass man im jedem einzelnen Falle nachweisen konnte, woher er eingeschleppt war. In den letzten Jahren sind aber einzelne, immerhin noch seltene Fälle vorgekommen, bei denen dieser Nachweis nicht möglich war. Andrerseits ist der Typhus, wie ich schon früher erwähnte, an Orten, an welchen er früher sehr häufig war, seltner geworden (vgl. § 67).

Typhus abdominalis.

Aus Thatsachen, welche wir noch besprechen werden, geht hervor, dass an Orten, wo der Typhus endemisch ist, der Boden und

die Vorgänge in ihm einen Einfluss auf die Häufigkeit der Typhusfälle haben. Ob die Typhuskeime im Boden sich entwickeln und von dort in den Menschen gelangen, ist noch ungewiss. Aber so viel können wir mit Bestimmtheit sagen, dass wenn der Keim erst in einem Menschen sich festgesetzt hat, er dann auch von diesem Menschen aus weiter verbreitet werden kann.

Diese Verbreitung geschieht aber nicht wie bei den kontagiösen Krankheiten durch direkte Übertragung von einem Menschen auf den andern. Der Typhus ist nicht ansteckend in dem Sinne wie es die akuten Exantheme sind. Der Umgang mit Typhuskranken ist abgesehen von gewissen Fällen, die ich gleich erwähnen werde, durchaus gefahrlos.

Typhusbazillen.

486. In dem Darminhalt von Typhuskranken, in den Darmfollikeln, welche ja vorzugsweise Sitz der Erkrankung sind, in den Mesenterialdrüsen, im Blut, der Leber, Milz und Niere hat man spezifische, bei keiner andern Krankheit vorkommende Bakterien gefunden, welche man als die eigentlichen Krankheitserreger anzusehen hat. Es sind kurze Stäbchen von 2–3 μ Länge und etwa 1 μ Dicke, welche in kleinen Herden zusammenliegen. Sie färben sich mit Methylenblau und mit Karbolfuchsin. Auf Gelatine gezüchtet, bilden sie kleine, auf die Impfstelle beschränkte Herde; sie verflüssigen die Gelatine nicht. In Wasser zeigen sie lebhafte Eigenbewegung. Ihre Fortpflanzung geschieht wahrscheinlich durch Sporen. Durch Übertragung der rein gezüchteten Bazillen auf Tiere hat man typhusähnliche Erkrankungen hervorrufen können. In Wasser leben die Pilze ziemlich lange, wie sie überhaupt sehr ausdauernd sind.

Da die Typhusbazillen mit den Dejektionen der Typhuskranken entleert werden, so erklärt es sich, warum es ganz besonders die Krankenwärter sind, sowie Wäscherinnen, welche die Krankenwäsche besorgen, bei denen man eine direkte Erkrankung in Folge von Übertragung beobachtet. In den meisten Fällen aber kommt wohl der Krankheitskeim mit den fortgeschütteten Dejektionen in den Boden; findet er dort günstige Nährbedingungen, so entwickelt er sich wahrscheinlich in Massen, und damit ist die Möglichkeit der Weiterverbreitung gegeben. Es ist klar, dass eine bestimmte Beschaffenheit des Bodens günstig oder ungünstig wirken kann und das erklärt, warum einzelne Orte häufig heimgesucht sind, wogegen andere immun sind. Dass Feuchtigkeit die Schädlichkeit vermehrt und dass Drainirung des Bodens eines der hauptsächlichsten Verbesserungsmittel ist, haben wir schon früher als sehr wahrscheinlich erkannt.

487. Speziell beim Typhus sind Untersuchungen angestellt worden, welche einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Typhus und dem Grundwasserstande nachweisen. Wie Sie wissen, erleidet der Grundwasserstand unregelmäßige Schwankungen, abhängend von Niederschlägen und der Art, wie dieselben im Boden sich bewegen. Es kann vorkommen, dass die Niederschläge, wenn sie in den Boden eindringen, den Grundwasserstand direkt erhöhen, und dass in dem Maße, wie das Wasser langsam wieder verdunstet, der Grundwasserspiegel wieder sinkt. In andern Fällen können die Niederschläge leichten Abfluss haben, und dann wird der Grundwasserstand viel weniger von ihnen abhängen. Aber auch in diesen Fällen kommen Schwankungen vor, zum Teil unter dem Einfluss von benachbarten Wasserläufen,

Einfluss des Grundwasserstands.

Wenn Sie nun ferner sich erinnern, dass die obern Bodenschichten und das in ihnen sich bewegende Wasser mehr oder weniger reichlich mit organischen Substanzen durchsetzt sind, so werden Sie die Möglichkeit zugeben müssen, dass ein solcher Boden eine Beschaffenheit annimmt, welche ihn unsern Nährstofflösungen ähnlich macht. Darum ist die Möglichkeit der Entwicklung derartiger Organismen im Boden nicht zu bestreiten. Die Entwicklung wird geknüpft sein an den Grad der Durchtränkung und Verunreinigung, sie ist aber wahrscheinlich auch bedingt durch das Vorhandensein von Sauerstoff. Wir können mit Pasteur die niedern Organismen in zwei große Klassen teilen, in solche, welche nur bei Gegenwart freien Sauerstoffs, und in solche, welche auch ohne denselben leben können. Erstere nennt Pasteur Aërobien, letztere Anaërobien. Da chlorophyllfreie Organismen, was die Bakterien doch sind, Kohlensäure nicht zerlegen können, da in ihnen vielmehr Kohlensäure entsteht, so sollte man annehmen, dass Sauerstoff ein unbedingtes Erfordernis zu ihrem Leben sei. Wenn es trotzdem Anaërobien gibt, so können wir uns das nur so erklären, dass sie die Fähigkeit haben, Sauerstoffverbindungen zu zerlegen und sich den Sauerstoff derselben zu Nutze zu machen. Die Mehrzahl der Spaltpilze gehört aber sicher zu den Aërobien. Dieselben haben sogar meistens ein lebhaftes Sauerstoffbedürfnis. Sie zehren deshalb den freien Sauerstoff der Nährflüssigkeiten, in denen sie sich massenhaft entwickeln, schnell auf und werden, wenn kein neuer Sauerstoff hinzutreten kann, in ihrer Entwicklung gehemmt. Vom Typhusbazillus ist es nachgewiesen, dass er bei Sauerstoffmangel sich nur spärlich entwickelt und zu reichlicher Entwicklung des Sauerstoffs bedarf.

Vorgänge im Boden.

488. Wenn wir versuchen, uns ein Bild von den Vorgängen im Boden zu machen, so kommen wir zu der Überzeugung, dass dort die Bedingungen für die Entwicklung niedrer Organismen sehr wechselnde sein müssen. Nicht nur, dass die Temperatur, der Grad der Durchfeuchtung, die Menge der Nährstoffe außerordentlich schwankt; auch der Stand des Grundwassers muss einen Einfluss haben. Wenn dasselbe sehr hoch war und dann sinkt, so bietet das den Organismen solche günstige Bedingungen, dass wahrscheinlich ihre Entwicklung sehr verstärkt wird. Wenn wir uns einen von den Porenkanälen denken, welche den Boden durchsetzen, und annehmen, derselbe sei bis zu einer gewissen Höhe mit Flüssigkeit erfüllt, so können wahrscheinlich die Spaltpilze nur wenig darin wuchern. Wenn aber das Grundwasser sinkt, dann bleibt an den Wandungen eine dünne Schicht der Flüssigkeit hängen, in das Innere des Kanals aber wird Luft eintreten und damit Sauerstoff Zutritt finden. Hier haben wir dann die günstigsten Bedingungen, die Keime können sich entwickeln und vielleicht massenhaft vermehren. Wenn wir uns dies klar gemacht haben, dann werden wir begreifen, dass zwischen Grundwasserstand und Typhus ein Zusammenhang bestehen kann.

PETTENKOFER'S Untersuchungen.

489. Ein solcher Zusammenhang ist von PETTENKOFER zuerst vermutet worden für die Cholera auf Grund der von ihm gesammelten Thatsachen. Indem er den Gang der Cholera und ihre Verbreitung in Europa studirte, fiel es ihm auf, dass an einzelnen Orten große Epidemieen vorkamen, an andern gar keine, sondern höchstens einzelne Fälle. Es stellte sich heraus, dass bei verschiedenen Epidemieen einzelne Orte immer dieselben Unterschiede zeigten. P. stellte daher den Satz auf, dass es immune Orte gebe, und er fand, dass diese Orte solche waren, bei denen der Boden aus kompaktem Gestein besteht oder, wenn aus lockern Massen, doch sehr arm an Feuchtigkeit ist, während solche Orte, die zu Epidemieen Veranlassung gaben, lockern und wasserdurchtränkten Boden haben. PETTENKOFER war deshalb geneigt anzunehmen, dass zwischen Cholera und Grundwasser Beziehungen beständen. Er sagte, zur Entwicklung der Cholera gehören zwei Faktoren x und y. Das eine Agens x kommt von den Kranken, das andere, y, sitzt im Boden. Wo das letztere nicht vorhanden ist, kann die Cholera sich nicht entwickeln.

BUHL'S Untersuchungen.

490. Durch die Betrachtung von PETTENKOFER wurde nun BUHL auf die Idee geleitet, dass es mit dem Typhus ebenso sei, und er stellte sich die Aufgabe, das zu untersuchen. Um eine solche Untersuchung durchzuführen, müsste man genaue Tabellen haben über

die Zahl von Typhusfällen an einem bestimmten Ort an jedem Tag. Eine solche Statistik zu beschaffen, ist nicht möglich, wohl aber standen ihm Tabellen zur Verfügung über die im Münchner Universitätskrankenhause behandelten Typhusfälle. Hier hatte man den Vortheil, dass die Diagnose sicher gestellt und die Statistik, wenngleich nur für eine bestimmte Klasse der Bevölkerung, einigermaßen zuverlässig war. Doch kann man annehmen, dass im Lauf der Jahre die ins Spital kommenden Typhusfälle denselben Prozentsatz aller Fälle der ganzen Stadt ausmachen. Der Übersichtlichkeit halber stellte er die Ergebnisse seiner Untersuchung graphisch dar. Die Zahl der Typhuserkrankungen von je einem Monat wurde als Ordinaten eingetragen in ein Koordinatensystem, dessen Abszissen die einzelnen Monate des Beobachtungszeitraums darstellten. Die gleichzeitigen Grundwasserbeobachtungen, welche auf Pettenkofer's Veranlassung schon regelmäßig in München vorgenommen waren, wurden auf dieselbe Abszissenaxe aufgetragen. Die Vergleichung der beiden so gewonnenen Kurven zeigte auf den ersten Blick scheinbar gar keine Beziehungen. Wenn man aber die Kurven mehrerer Jahre so vergleicht, ergibt sich doch eine Gesetzmäßigkeit. Es war nicht zu verkennen, dass jede beträchtliche Steigerung der Typhussterblichkeit fast ohne Ausnahme zusammenfiel mit einem Sinken des Grundwasserstands. War der Grundwasserstand dauernd hoch oder dauernd niedrig, so war die Typhussterblichkeit gering. Nur beim Sinken des Grundwassers stieg sie jedesmal an.

Ein solches empirisch gefundenes Zusammentreffen von Thatsachen beweist noch keinen Zusammenhang, doch wird derselbe um so wahrscheinlicher, je öfter das Zusammentreffen beobachtet wird. Buhl setzte daher die Beobachtungen über eine größere Zahl von Jahren fort und ließ von dem Mathematiker Seidel den Grad der Wahrscheinlichkeit berechnen, der für einen wirklichen Zusammenhang sprach. Es ergab sich, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 36000 gegen 1 anzunehmen sei, dass jenes Zusammentreffen kein zufälliges ist.

Seitdem sind an vielen Orten derartige Beobachtungen gemacht worden. Auch in Berlin, wo die Bedingungen des Grundwasserstandes andere sind als in München, hat sich ein Zusammenhang zwischen Typhus und Grundwasserstand ergeben.

491. Nun kann man nicht annehmen, dass das Fallen des Grundwasserspiegels unmittelbar den Menschen krank macht; der Zusammenhang muss jedenfalls ein komplizirterer sein. Auf Grund unsrer Deutung derselben.

früher entwickelten Hypothese können wir uns aber das Verhältnis etwa so vorstellen: Wenn das Grundwasser fällt und wenn in ihm Typhuskeime enthalten sind, so bleiben diese mit den kapillaren Schichten, die in den Poren des Bodens hängen bleiben, zurück; sie sind jetzt unter günstigere Bedingungen gesetzt als früher, wo sie ganz in Wasser tauchten, sie entwickeln und vermehren sich. Damit ist die Möglichkeit ihrer Einwanderung in den Menschen größer und so wächst die Zahl der Erkrankungen.

Auf welchem Wege kommen nun diese Keime aus dem Boden heraus in den Menschen? Dass sie in den Boden hineingelangen, ist sehr wahrscheinlich, da sie an den Stühlen der Typhuskranken haften. Wieder herauskommen aber können die Keime entweder durch Luftströmungen; oder Grundwasser, welches die Pilze enthält, kann in das Brunnenwasser gelangen und mit diesem geschöpft werden. Der Mensch kann dann die Keime einatmen oder mit dem Trinkwasser aufnehmen oder sonst auf irgend eine Weise mit ihnen infizirt werden.

Infektion durch Trinkwasser.

492. Auf Grund der Anschauungen, welche sich PETTENKOFER früher von dem Zusammenhang zwischen Boden und Cholera bzw. Typhus gebildet hatte, hielt er es für unwahrscheinlich, dass mit dem Trinkwasser die Keime in den Menschen eingeführt werden können. Er hat alle Thatsachen, welche dafür zu sprechen schienen, dass durch das Trinkwasser Typhus oder Cholera verschleppt werden kann, als nicht beweisend hinzustellen versucht. Meiner Meinung nach existirt zwischen der PETTENKOFER'schen Annahme und der Anschauung, dass auch das Trinkwasser die Übertragung vermitteln könne, kein unlösbarer Widerspruch. Es ist vollständig zuzugeben, dass die eigentümlichen Bodenverhältnisse bei der Entwicklung der Krankheit mitspielen; denn wenn der Boden so beschaffen ist, dass die Entwicklung der Keime nur in geringem Maße möglich ist, so wird der Fall des Herauskommens der Pilze aus dem Boden seltner sich ereignen. Wenn die Entwicklung massenhaft vor sich geht, so wird die Gelegenheit zur Infektion groß sein. Wir können aber nicht verstehen, wie die Pilze, und wenn sie noch so massenhaft im Boden wären, einen Menschen krank machen können. Wir müssen also noch wissen, auf welchem Wege sie aus dem Boden in den Menschen gelangen. Dass dies durch Luftströmungen geschieht, scheint aber an und für sich viel weniger wahrscheinlich, als die Einführung auf dem Wege des Wassergenusses. Ja wir müssen die letztere Möglichkeit zugestehen, wenn wir vorurteilsfrei die Geschichte einzelner Typhusepidemieen kennen lernen, in welchen der Nachweis der Ver-

schleppung durch das Wasser mit demjenigen Grade von Sicherheit, welcher in so verwickelten Fragen überhaupt erreicht werden kann, geführt ist. Eine einzelne verfolgbare Epidemie ist viel lehrreicher und viel beweisender als alle Theorieen.

Epidemie von Lausen.

493. Ich gebe deshalb hier ein Beispiel dieser Art. In Lausen, einem Dorf des Kantons Basel, in welchem seit Menschengedenken kein Typhusfall vorgekommen war, brach plötzlich im August 1872 eine heftige Epidemie aus. Südlich von Lausen in einem kleinen Nebenthal war in einem einsamen Gehöft am 10. Juni ein Bauer an einem schweren Typhus erkrankt, welchen er von der Reise mitgebracht hatte. In den nächsten 2 Monaten erkrankten auf demselben Gehöft noch 3 Personen. Die ersten Fälle in Lausen kamen am 7. August vor, wo 10 Personen erkrankten; innerhalb 9 Tagen war die Zahl der Erkrankten auf 57 gestiegen. Im Ganzen kamen bis zum Schluss der Epidemie (Oktober) 130 Fälle vor, und außerdem erkrankten 14 Kinder anderwärts, nachdem sie während der Ferien in Lausen gewesen waren. Die Verteilung der Erkrankungen über die Häuser des Dorfs war eine ziemlich gleichmäßige. Nur einige Häuser blieben gänzlich verschont; das waren solche, welche ihren Wasserbedarf durch eigne Brunnen deckten. Die übrigen Einwohner bezogen ihren Wasserbedarf aus öffentlichen Brunnen, denen das Wasser einer Quelle zugeleitet wird, welche an dem die Thäler trennenden Hügel entspringt. Es wurde nachgewiesen, dass diese Quelle unterirdisch mit dem Furlerbach zusammenhängt, welcher an jenem einsamen Bauerhof vorbeifließt, in welchem die erste Erkrankung vorkam, und dass jener Bach in direkter Verbindung mit dem Abtritt stand, dass die Nachttöpfe in ihn entleert, dass die Wäsche der Kranken in ihm gewaschen wurde. Jedesmal, wenn die Furlerwiesen vom Bach aus bewässert wurden, liefen die Lausener Brunnen stärker, anfangs mit trübem Wasser. Das war auch in diesem Jahre von Mitte bis Ende Juli geschehen; 3 Wochen nach dem Beginn der Bewässerung traten die ersten Typhusfälle in Lausen auf. Die Verbindung zwischen dem Furlerbach und den Lausener Brunnen wurde auch durch einen Versuch bewiesen. Man leitete den Bach in ein neben jenem Typhusgehöft vorhandenes Loch; drei Stunden darauf flossen die Brunnen in Lausen reichlicher. Man schüttete 2000 Maß Soole in das Loch; bald darauf konnte man reichlich Kochsalz in den Lausener Brunnen nachweisen. 50 Zentner Mehl wurden in das Loch geschüttet, aber in die Brunnen gelangte nichts davon.

Dieser Fall ist gewiss sehr lehrreich und es würde unrecht sein,

ihm gegenüber die Möglichkeit, dass Typhuserkrankungen durch Trinkwasser vermittelt werden können, noch ferner zu leugnen. Er lehrt uns, dass Jahre lang verunreinigtes Wasser (denn die Verunreinigung war ja schon vor dem Typhusfall am Furlerbach vorhanden) getrunken werden kann, ohne zu schaden, dass es aber nur eines einzelnen Typhusfalles bedarf, um dasselbe Wasser jetzt zum Typhuserreger zu machen. Er lehrt ferner, dass die Filtration durch den Boden, welche ausreicht, Stärkekörner zurückzuhalten, nicht genügt, um die Typhuskeime zu beseitigen. Wenn Sie sich die Zahlen vergegenwärtigen, welche ich früher bei Besprechung der Wasserversorgung mitgeteilt habe (§ 375), werden sie dies nicht auffällig finden.

Verschiedene Infektionswege.

494. Ich habe schon beim Wasser auf diese Verhältnisse hingewiesen und den Satz aufgestellt, dass Typhus und andre Infektionskranheiten nicht durch Genuss schmutzigen Wassers entstehen, sondern nur, wenn im Wasser die spezifischen Krankheitskeime sich befinden. Wir haben ferner gesehen, dass Typhus, vielleicht auch Scharlach und andre Infektionskrankheiten gelegentlich auch durch Milch verschleppt werden kann (§ 322). Da nun der Typhusbazillus auch in Milch sich sehr gut erhalten und vermehren kann, so ist gar nicht zu bezweifeln, dass er durch Wasser, Milch und andre Nahrungs- und Genussmittel sehr leicht übertragen werden kann.

Ebenso ist es aber auch ganz gut zu verstehen, dass die Bazillen direkt aus den Typhusstühlen bei solchen Menschen, welche mit diesen zu thun haben, also Krankenwärtern, Ärzten, Wäscherinnen, Infektionen bewirken können. Nichts spricht dafür, dass diese Krankheitserreger erst in den Boden gelangen m ü s s e n, um dort eine Art von Reifung oder Umwandlung zu erfahren, ehe sie von neuem infektiös werden. Im Gegenteil, der Umweg durch den Boden wird wahrscheinlich tausenden von Pilzen das Leben kosten und nur die wenigen, welche übrig bleiben und, nachdem sie sich wieder vermehrt haben, wieder aus dem Boden herauskommen, werden neue Infektionen bewirken. Aber gerade diese wirken dann auf Menschen, welche mit den Kranken selbst in keine unmittelbare Berührung gekommen sind, und gerade sie bewirken die Epidemieen, während die direkte Übertragung doch immer nur einzelne Individuen ergreift. Wenn aber diese direkte Übertragung nur selten erfolgt und wenn der Typhus nicht in dem Sinne, wie die akuten Exantheme kontagiös ist, so kann dies nur darin seinen Grund haben, dass die Typhusbazillen aus den Typhusstühlen sich nicht loslösen und überallhin verbreiten können, während die Krankheitskeime der akuten Exantheme in trocknem Zustande abge-

sondert als kleine Stäubchen in der Luft der Krankenzimmer schweben, sich an Betten, Kleidern u. s. w. anheften und mit diesen verschleppt werden. Die Unterscheidung zwischen kontagiösen und nicht kontagiösen (miasmatischen) Infektionskrankheiten darf nicht als eine prinzipielle angesehen werden, sondern sie bezeichnet nur, in welcher Weise in der Regel die Übertragung sich vollzieht.

495. Aus dem Gesagten ergibt sich ganz von selbst, welche Mittel wir als zweckmäßig zur Bekämpfung des Typhus anerkennen und anwenden müssen. Wir werden zunächst alles als zweckmäßig anerkennen, was die Verunreinigung des Bodens verhindert. Denn wenn der Boden weniger mit Abfällen verunreinigt wird, wird er auch weniger Gelegenheit zur Entwicklung solcher Keime, die in ihn gelangen, geben. Vor allen Dingen werden wir aber bestrebt sein müssen, soviel als möglich, die Dejektionen der Kranken und mit ihnen die Typhusbazillen von dem Boden fern zu halten. Wir werden es zwar nicht ganz verhüten können, dass die Dejektionen in nachlässiger Weise ausgeschüttet werden; aber die Wahrscheinlichkeit, dass Typhuskeime in den Boden, auf dem wir leben, gelangen, wird geringer, wenn wir für die Abführung der Dejektionen eine gute Kanalisation haben. Es wird dann freilich die Frage entstehen, was aus diesen Keimen wird, wenn sie auf einen Acker kommen, oder in einen Fluss. Die Erfahrungen an den Rieselfeldern, welche durchaus nicht, wie man befürchtet hatte, Brutstätten von Epidemieen geworden sind, sprechen jedoch für die Wahrscheinlichkeit, dass sie schneller zu Grunde gehen, als wenn sie in das mit Jauche durchsetzte Erdreich der Städte gelangen. Wir werden ferner alles für nützlich halten müssen, was den Boden drainirt und so die Bedingungen für die Entwicklung der Keime vermindert; ferner alle die Maßregeln, welche die Städte mit gutem reinem Trinkwasser, das auf seinem Wege keine Gelegenheit zur Verunreinigung hatte, versorgt. Aber wir werden uns noch die Frage vorlegen müssen, ob es nicht möglich sei, die Typhusbazillen unmittelbar an ihrem Ursprung, d. h. wenn sie eben von dem Kranken kommen, unschädlich zu machen, statt sie einfach ihren weitern Schicksalen zu überlassen. Da aber dieselbe Frage sich in ganz ähnlicher Weise bei andern Infektionskrankheiten wiederholt, so werde ich sie in der folgenden Vorlesung bei Gelegenheit der Cholera erörtern.

Abwehrmaßregeln.

Dasselbe gilt auch von den persönlichen Schutzmitteln, durch welche der einzelne Mensch versuchen kann, sich vor der Einwande-

rung der Krankheitskeime in seinen Organismus zu schützen, wenn er gezwungen ist, an einem Typhusorte zu leben.

Typhus recurrens.

496. Dem Ileotyphus in manchen klinischen Erscheinungen ähnlich, aber doch im Wesen von ihm verschieden ist der Typhus recurrens, besser Febris recurrens, Rückfallsfieber genannt, wegen der zwischen den einzelnen Anfällen sich einschiebenden freien Zeiten. Nach einer Inkubationszeit von 5–8 Tagen beginnt die Krankheit plötzlich mit starkem Fieber, welches 5—7 Tage anhält und dann plötzlich (kritisch) abfällt. Nach etwa einer Woche, während welcher der Befallene sich ganz gesund wähnt, kommt ein zweiter Anfall, welcher dem ersten gleicht, und zuweilen noch mehrere, in gleicher Weise sich wiederholende. Wir wissen nicht viel von der Natur der Krankheit; aber sie hat ein historisches Interesse, denn sie ist die erste, bei der man mit Sicherheit eigentümliche spiralig gewundene fremde Körper, die OBERMEIER'schen Recurrensspirillen als Ursache nachweisen konnte. Wenn man während eines Anfalls von Typhus recurrens einen Tropfen Blut vom Kranken nimmt so findet man in ihm eigentümliche spiralige Fäden. Geht der Anfall vorüber, so verschwinden diese Spirillen wieder, und treten wieder auf, wenn der neue Anfall kommt. Die Spirillen treten entweder einzeln oder in kleinen Bündeln vereinigt auf und sind schon bei mäßigen Vergrößerungen in einem durch Nadelstich vom Kranken entnommenen Bluttropfen ohne alle Vorbereitung leicht zu sehen. Sie zeigen lebhafte Eigenbewegungen, indem sie sich schlängelnd zwischen den Blutkörperchen hindurchwinden oder gegen dieselben anstoßen. Sie sind sehr zart und dünn; ihre Länge beträgt etwa 5—6 Durchmesser der roten Blutkörperchen. Sie färben sich leicht mit Fuchsin. Durch Impfung spirillenhaltigen Bluts hat man bei Menschen und Affen die Krankheit übertragen und bei letzteren die zahlreiche Vermehrung derselben im Blut nachgewiesen. Künstliche Züchtung ist bis jetzt noch nicht gelungen.

Typhus exanthematicus.

497. Viel mehr als den Namen hat auch der Typhus exanthematicus, fälschlich Hungertyphus genannt, nicht mit dem Ileotyphus gemein. Er tritt von Zeit zu Zeit als heftige Epidemie unter der ärmsten Bevölkerung in verschiedenen Gegenden Deutschlands, in Westpreußen, Schlesien, im Spessart, der Rhön auf. Auch in Irland, Russland, Galizien ist er nicht selten. Von da aus wird er vielfach verschleppt und richtet namentlich da, wo viele Arbeiter zusammenströmen und unter ungünstigen hygienischen Verhältnissen in schlechten Herbergen oder Baracken hausen, z. B. bei großen Bauten von Eisen-

bahnen etc., starke Verheerungen an. Der Name Hungertyphus deutet darauf hin, dass man diese Krankheit als die Folge von Entbehrungen aufgefasst hat, doch entsteht sie nicht vom Hunger, sondern aus unbekannten Ursachen. Vielleicht entsteht das Krankheitsgift autochthon, wenn sehr viele Menschen in schlechten Räumen bei schlechter Ventilation zusammengepfercht sind, wie das bei Ansammlung von Arbeitern leicht der Fall ist, während die Ernährung in diesen Fällen meist besser ist als an andern Orten zu andern Zeiten. Wenn aber Entbehrungen hinzukommen, dann wirken diese natürlich, da sie die Widerstandsfähigkeit der Kranken vermindern, nachteilig auf den Verlauf ein. Wie aber auch die Krankheit entstehen möge, so viel ist sicher, dass sie in hohem Grade kontagiös ist, und dass Leute, welche mit den Kranken in Berührung kommen, sehr leicht angesteckt werden. Fast bei jeder solchen Epidemie sind immer einige Ärzte und Krankenpfleger der Krankheit zum Opfer gefallen.

Einen Mikroorganismus des Flecktyphus hat man bis jetzt nicht aufgefunden. Das Kontagium haftet vielleicht an den Abschuppungen der Haut, da in dieser ein charakteristischer Petechial-Ausschlag auftritt, von welchem die Krankheit ihren Namen erhalten hat.

Vierundfünfzigste Vorlesung.

Cholera.

Ursprung. — Verbreitung. — Örtliche Bedingungen. — Kommabazillus. — Charaktere desselben. — Art der Übertragung. — Quarantäne. — Internationale Maßregeln. — Desinfektion der Abtritte — der Dejektionen — der Wäsche. — Desinfektionsapparate. — Desinfektion der Krankenzimmer. — Persönliche Schutzmaßregeln.

Ursprung. **498**. Die Cholera ist bei uns nicht einheimisch, sondern kommt nur von Zeit zu Zeit zu uns. Sie kann aber dann in sehr verheerenden Epidemieen auftreten, so dass in kurzer Zeit eine sehr erhebliche Zahl von Menschen ihr zum Opfer fällt. Solche plötzliche Epidemieen machen auf das Gemüt einen starken Eindruck. Alles ist in Aufregung, und dieser Geisteszustand ist für ruhige Untersuchung nicht eben günstig. Wenn dann die Epidemie vorüber ist, verfällt der Mensch wieder in Nachlässigkeit. Hierdurch erklärt es sich, dass wir über die Bedingungen der Ausbreitung und die Mittel zur Bekämpfung der Cholera noch sehr wenig zuverlässige Kenntnis erworben haben. Die ersten Epidemieen, welche die Aufmerksamkeit der europäischen Ärzte in Anspruch nahmen, wüteten in den Jahren 1829—1837; nach Deutschland kam sie zuerst 1831. Da sie von Asien zu uns kam, nannte man sie Cholera asiatica und unterscheidet sie von der ihr im klinischen Bilde ähnlichen, aber viel weniger gefährlichen Cholera nostras. Seitdem haben sich die Epidemieen in mehr oder weniger regelmäßigen Intervallen wiederholt. Die achte Cholera ist eine in Indien einheimische Krankheit; in einigen Provinzen jenes großen Reichs wütet sie stark, in andern ist sie seltner. Es gibt auch dort Strecken, in denen sie völlig unbekannt ist, und die Heftigkeit der Epidemieen welchselt in den einzelnen Provinzen.

Verbreitung. **499**. Dass die Cholera auf dem Wege des menschlichen Verkehrs zu uns verschleppt wird, ist durch eine größere Zahl von

Beobachtungen festgestellt. Daher sind es besonders Ägypten und Kleinasien, von wo aus sie sich nach Europa verbreitet. Früher war ihr Vordringen an gewisse Heerstraßen gebunden, und man konnte sie von Station zu Station verfolgen. Mit der größeren Entwicklung des Verkehrs wird dieses Verhältnis immer mehr verwischt und es kann vorkommen, dass sie gleichzeitig an verschiedenen ganz entfernten Orten auftritt.

Aber nicht bloß durch Menschen, sondern auch durch Effekten, Waren, Wäsche, Kleidungsstücke kann sie verbreitet werden. Auf welche Weise aber sie auch eingeschleppt wird, immer muss sie an Ort und Stelle ein Vorbereitungsstadium durchmachen, ehe sich daraus eine Epidemie entwickelt. Daneben kommt es, wenn auch selten, vor, dass die Cholera direkt von Menschen auf Menschen übertragen wird. Man kann lange Zeit mit Cholerakranken in Berührung sein, ohne angesteckt zu werden; wirkliche direkte Übertragung kommt nur vor in solchen Fällen, wo die Angesteckten mit der Bett- und Leibwäsche des Kranken direkt zu thun hatten z. B. bei Wärtern, Wäscherinnen etc. Die Cholera verhält sich also ganz ebenso, wie wir dies beim Typhus gesehen haben.

500. Pettenkofer hat den Nachweis geführt, dass zur Entwicklung größerer Epidemieen gewisse örtliche Bedingungen gehören, dass einzelne Orte vollständig immun sind, andere nicht. Ich selbst habe während des Feldzugs von 1866 auf dem böhmischen Kriegsschauplatze den Gang der Cholera von Ort zu Ort verfolgt, und habe mich davon überzeugt, wie selbst nahe benachbarte Orte die größten Verschiedenheiten zeigten. Während an dem einen Orte die dort zurückgelassenen Kranken den Ausbruch einer Epidemie veranlassten, blieben andre Orte unter gleichen Bedingungen ganz verschont. Es scheint mir deshalb unleugbar zu sein, dass gewisse Bodenverhältnisse, die Vorbedingung für das Entstehen größerer Epidemieen abgeben. Es entsteht daher die Aufgabe, zu untersuchen, woher der Keim der Krankheit stammt, wie er in den Boden und wie er wieder aus demselben herauskommt, um Menschen zu infiziren. Örtliche Bedingungen.

501. Es kann jetzt keinem Zweifel mehr unterliegen, dass der Cholerakeim ein organisirtes Wesen, eine Bakterienform ist, welche Koch in den Dejektionen der Cholerakranken in Gestalt des sogenannten Kommabazillus direkt hat nachweisen können. Während frühere Versuche, mit den Abfällen von Cholerakranken die Krankheit auf Tiere zu übertragen, immer resultatlos verliefen, scheint es jetzt sicher zu sein, dass Fütterung mit dem Kommabazillus choleraähnliche Kommabazillus.

34*

Erscheinungen hervorruft. Freilich haben die Tiere eine viel geringere Empfänglichkeit für die Krankheit als die Menschen. Aber auch bei Menschen ist die Empfänglichkeit eine sehr verschiedene, denn innerhalb eines Hauses werden einzelne befallen, andre bleiben unergriffen. Es ist notwendig, dass zur Infektion mit der Cholera die Invasion des Bazillus in sehr großer Menge stattfinden muss, indem durch Einwirkung des Magensaftes viele Bazillen schon zu Grunde gehen, ehe sie in den Darm gelangen, um dort die Krankheit zu bewirken. Denn dass die Cholera primär eine Darmkrankheit ist, ist aus den Symptomen und pathologischen Befunden bei Leichen zu schließen. Wenn wir uns nun vorstellen, dass die Infektion in der Regel durch den Mund erfolgt, so können wir uns denken, dass eine Zerstörung der Bazillen beim gesunden Menschen innerhalb des Magens leicht möglich ist, und dass nur, wenn die Schleimhäute nicht ganz normal sind, die Infektion stattfindet. Dafür spricht, dass sehr häufig der Erkrankung an der Cholera kleinere katarrhalische Erkrankungen vorausgehen. Es ist ja ein verbreiteter Glaube und beruht auch auf Thatsachen, dass wenn Menschen während einer Choleraepidemie sich eine Magen- und Darmverstimmung zuziehen durch Genuss schlechten Biers etc., sie leichter die Cholera bekommen. Das beweist natürlich nicht, dass saures Bier oder Gurkensalat Cholera erzeugen. Unzählige Diätfehler kommen auch während der Epidemieen zu vollständiger Heilung. Aber wenn ein solcher Fehler die Ursache wird, dass auf irgend eine Weise die Bazillen nicht zerstört werden, auf der Schleimhaut haften bleiben und sich vermehren, dann kann es zur Erkrankung kommen. Solche Vorbedingungen sind es hauptsächlich, welche die sogenannte Disposition zur Erkrankung ausmachen.

Von diesen Vorraussetzungen ausgehend hat man zur Erzeugung der Cholera bei Tieren erst eine Vorbereitung des Darmkanals vorgenommen, ehe man den Tieren die Kommabazillen beibrachte. Wenn man einem Meerschweinchen 5 ccm einer 5%igen Sodalösung in den Magen spritzt, um die saure Reaktion desselben zu beseitigen, sodann durch Injektion von Opiumtinktur in die Bauchhöhle die Darmperistaltik aufhebt und ihm endlich Chlolerabazillen in den Magen bringt, so stirbt es innerhalb 48 Stunden, und man findet bei der Sektion den Dünndarm stark gerötet, und mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllt, in welcher massenhaft Kommabazillen vorkommen.

Charaktere desselben. **502.** Bekanntlich ist die Cholera hauptsächlich durch das Symptom eines dünnen massenhaften Sekrets der Darmschleimhaut ausgezeichnet,

welches Diarrhöen und Erbrechen verursacht. Nun werden freilich in allen Dejektionen, auch gesunder Menschen, Bazillen aller Art gefunden. Aber diese können mit dem Kommabazillus nicht zusammengeworfen werden. Letzterer kommt nur in den Dejektionen und im Darminhalt bei ächter Cholera vor. Der Bazillus der Cholera asiatica ist ein kurzes, plumpes Stäbchen von etwa 1,5 μ Länge und bis zu 0,5 μ Dicke. Die Stäbchen sind meistens etwas gebogen (daher der Name Kommabazillus) bis zur Halbkreisform; zuweilen legen sich zwei so aneinander, dass sie eine S-form darstellen, zuweilen auch mehrere, so dass Schraubenformen von bedeutender Länge entstehen, welche den Spirillen gleichen. Sie sind, sowohl in ihren Einzelformen wie in den spirillenähnlichen Verbänden lebhaft beweglich.

Sporenbildung und dementsprechend Dauerformen sind bis jetzt mit Sicherheit nicht beobachtet worden. Die Kommabazillen sind (im Gegensatz zu andern Bakterienformen) sehr empfindlich. Temperaturen über 50°, saure Reaktion, wie sie z. B. der Magensaft hat, Eintrocknung, töten sie in kurzer Zeit. Sie bedürfen zu ihrer Entwicklung reichlichen Sauerstoffs. In feuchter Umgebung und auf geeignetem Nährboden können sie monatelang am Leben bleiben.

Mit Fuchsin färben sie sich leicht. Auf Gelatine gezüchtet, verflüssigen sie dieselbe und bilden Kulturen mit unregelmäßigen Rändern; auf Agar-Agar und Blutserum können sie sich sehr lange am Leben erhalten. Sie gedeihen vortrefflich in Milch; in sterilisirtem Wasser vermehren sie sich in den ersten Tagen, bleiben aber dann noch Monate lang entwicklungsfähig. In nicht sterilisirtem Wasser werden sie leicht von andern Mikroorganismen verdrängt, doch hat sie Koch in dem Wasser der sogenannten Tanks in Indien, d. h. in unreinen Wasserlachen, lebend angetroffen.

Außer dem Darminhalt hat man den Kommabazillus nur noch in der Darmschleimhaut, in den Drüsen derselben, niemals in andern Geweben nachweisen können. Diesen Thatsachen gegenüber ist von Emmerich die Bedeutung des Koch'schen Bazillus angezweifelt worden, aber mit Unrecht. Emmerich behauptet, dass er bei den Cholerakranken in Neapel innerhalb der Organe einen spezifischen Bazillus gefunden habe, welcher, von Tieren mit dem Luftstrom eingeatmet, choleraähnliche Erkrankung bewirke; doch hat sich dies nicht bestätigt. Ferner haben Prior und Finkler einen Bazillus bei Cholera nostras nachgewiesen, der von dem Koch'schen verschieden ist. Auch dieser aber ist nicht für die Cholera nostras charakteristisch, sondern findet sich öfter, auch im Darminhalt Gesunder. Dagegen sind die Befunde

von Koch vielfach bestätigt worden, besonders durch die Nachuntersuchungen in Spanien und Italien, so dass sie zweifellos als richtig angesehen werden können.

Art der Übertragung. 503. Da nun unzweifelhaft der Cholerabazillus mit den Cholerastühlen massenhaft entleert wird und sich in Wasser, auf feuchter Wäsche u. s. w. lange lebend erhalten kann, so ist es nicht zweifelhaft, dass auf verschiedene Weise Infektionen durch ihn entstehen können. Dagegen ist es noch vollkommen unaufgeklärt, auf welche Weise die allgemeinen Epidemien zustande kommen in Orten, in welche ein einzelner Cholerafall eingeschleppt wird. Unzweifelhaft gelangen Abfallstoffe von Cholerakranken und mit ihnen lebende Kommabazillen auch in den Boden. Wir wissen aber nicht, ob und wie lange sie in demselben leben und wie sie wieder aus demselben herauskommen, um Menschen zu infiziren. Da die Verbreitungsart der Cholera in vielen Stücken mit der des Typhus Ähnlichkeit hat, so werden auch bei ihr wohl ähnliche Verhältnisse obwalten. Ich halte es wenigstens für sehr wahrscheinlich, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Infektion durch Aufnahme der Bazillen mit dem Trinkwasser erfolgt. Die geringere Widerstandsfähigkeit der Bazillen aber im Vergleich zu den Typhusbazillen würde es erklären, warum bei uns die Cholera nicht endemisch wird, sondern immer einige Zeit nach der Einschleppung wieder erlischt. Der Typhusbazillus kann offenbar besser im Boden gedeihen, sich vermehren und immer von neuem, wenn er in Menschen einwandert, infektiös wirken. Er kann ebensowohl als Parasit im Menschen wie als Saprophyt auf nicht lebendem Nährboden vegetiren. Der Kommabazillus aber scheint auf den Parasitismus im Menschen angewiesen zu sein und nur kurze Zeit außerhalb desselben bestehen zu können. In Indien, wo die Leute trotz aller traurigen Erfahrungen immer wieder ihr Gebrauchswasser aus denselben Lachen schöpfen, in welche sie allen Unrat und auch ihre Dejektionen hineingelangen lassen, ist natürlich die Gelegenheit zur Erzeugung immer neuer Generationen infektiöser Pilze größer als glücklicher Weise bei uns. Sehen wir ja auch, dass diejenigen Orte in Europa, in welchen die Cholera immer am heftigsten wütet, in vielen Stücken ähnliche Verhältnisse aufweisen, wie sie in Indien herrschen.

Quarantäne. 504. Wenn wir auf Grund dieser Anschauungen versuchen, die Vorbeugungsmaßregeln gegen die Cholera zu besprechen, von denen wir uns einigen Erfolg versprechen dürfen, so werden wir im großen und ganzen dasselbe anzuführen haben, wie beim Typhus. Alles was

für Reinhaltung und Trockenlegung des Bodens, was für zweckmäßige Behandlung der Dejektionen, für Fernhaltung der Dejektionen vom Boden, für Versorgung mit reinem Trinkwasser geschieht, wird indirekt als Gegenmittel gegen die Cholera gelten können. Daneben kann man, da wir ihren Ursprung kennen und den Weg, auf dem sie zu uns kommt, den Versuch machen, sie auf ihrem Wege aufzuhalten, sie gar nicht ins Land hereinzulassen. Zu diesem Behuf hat man alle möglichen Maßregeln getroffen. Es suchte sich anfangs jedes Städtchen abzuschließen und jedem Fremden den Eintritt zu verwehren, da er die Seuche mitbringen könnte. Oder man sperrte wenigstens die Landesgrenzen durch Cordons ab. Wer davor zurückschreckte, der unterwarf die Menschen, welche von außen kamen, Maßregeln, von denen man glaubte, dass sie den Keim der Krankheit zerstören. Man räucherte die Reisenden, ehe man sie über die Grenze ließ mit Wachholder, Chlor oder andern Mitteln aus. Die Ärzte hüllten sich bei ihren Krankenbesuchen in Wachstaftmäntel ein oder trugen Masken vor dem Gesicht und mit Essig getränkte Schwämme vor Mund und Nase. Von allem diesem Apparat ist nur eine noch, wenigstens teilweise, in Gebrauch, die sogenannte Quarantäne, namentlich an den Haupteingangshäfen: Marseille, Genua, Triest, auch wohl an den Hauptgrenzstationen der Eisenbahnen. Im allgemeinen herrscht aber die Ansicht, dass diese Maßregeln nichts nützen. Man kann unmöglich ein Land heute so absperren, dass nicht irgendwo kranke Menschen durchkommen und die Krankheit verschleppen. Selbst in den Hafenplätzen nützt die Quarantäne nicht viel. Es ist gewiss ganz zweckmäßig, die ankommenden Schiffe zu untersuchen, ob Cholerakranke an Bord sind, diese einer zweckmäßigen Behandlung zu unterwerfen in einem besondern Choleraspital und sie erst zu entlassen, wenn sie vollständig geheilt sind. Wenn man aber die Quarantäne in ihrer ganzen Strenge aufrecht erhält und alle Reisenden wochenlang zurückhält, so nützt das wenig, sondern schadet eher. Einmal ist der Verkehr nicht absolut abzuschließen; ferner ist die Verschleppung der Krankheit von dem Quarantänehause ins Innere des Landes auch nicht sicher zu vermeiden; endlich sind es nicht nur Menschen, welche den Krankheitskeim verschleppen, sondern auch Waren.

505. Etwas mehr Aussicht auf Erfolg würde es bieten, die Absperr- und Kontrolmaßregeln weiter hinaus zu verlegen. Wenn man eine streng durchgeführte Quarantäne am Eingang der Passage vom Orient nach Europa, etwa am roten Meer, wo noch die ganze

Internationale Maßregeln.

Masse der Reisenden zusammen ist, bewerkstelligen könnte, dann würden dem Verschleppen der Cholera sehr viele Hindernisse entgegengesetzt sein. Es sind verschiedene Anläufe gemacht worden, in dieser Weise oder auf andre der Seuche an ihrem Entstehungsherde entgegenzuarbeiten. Die englische Regierung hat Forscher nach Kalkutta geschickt, zur Untersuchung über die Bedingungen des Entstehens und der Verbreitung der Cholera; es ist eine gemeinsame Kommission aller europäischen Mächte in Konstantinopel niedergesetzt worden, um Maßregeln gegen die Cholera zu treffen. Aber es ist nichts wesentliches geschehen. Man hat zu kämpfen mit der Indolenz der ottomanischen Länder und es fehlt auch an dem nötigen Ernst selbst bei den europäischen Mitgliedern der Kommission. Insbesondere ist bei der letzten Einschleppung der Cholera behauptet worden, dass England selbst sich der Durchführung der nötigen Kontrolmaßregeln in Aden widersetzt habe. Ich halte diese Vorwürfe für ungerecht, so lange es sich nicht um sichere und gut durchführbare Vorschläge handelt.

Desinfektion der Abtritte.

506. Da aber vorläufig noch nicht daran zu denken ist, die Cholera ganz von unserm Lande abzuhalten, so müssen wir auch die Maßregeln besprechen, welche bei schon ausgebrochner Epidemie oder beim Herannahen der Seuche zu treffen sind. Bei der ausgesprochenen Gefährlichkeit, welche die Dejektionen, Wäsche, Kleidungsstücke und sonstige Effekten Cholerakranker haben, muss vorzugsweise an ihnen die Prophylaxe in Angriff genommen werden. Wenn es gelingen würde, in jedem einzelnen Krankheitsfall die vom Kranken ausgehenden Keime zu zerstören, so wäre der Weiterverbreitung ein Riegel vorgeschoben. Man fasst alle Maßregeln, welche man zu diesem Zwecke versucht, zusammen unter dem Namen Desinfektion. Was ich hier über Desinfektion sage, gilt aber nicht für die Cholera allein, sondern für alle Infektionskrankheiten. Die Desinfektion muss sich auf alles erstrecken, was mit den Kranken in Berührung gewesen ist, bei Typhus und Cholera vor allem auf die Dejektionen.

Schon lange, ehe Koch den Cholerabazillus aufgefunden hatte, war der Glaube an die organisirte Natur des Krankheitskeims verbreitet. Und da man auch mit Recht vermutete, dass er an den Dejektionen hafte, so richtete man zuerst sein Bestreben auf die Desinfektion der Abtrittsgruben. Der Anstoß dazu wurde von Pettenkofer gegeben u. z. empfahl derselbe Eingießen von Eisenvitriollösungen. Sie erinnern sich aus unsern frühern Untersuchungen (§ 44), dass der Inhalt der Abtrittsgruben sich in der

Weise zersetzt, dass Schwefelwasserstoff und Ammoniumkarbonat entstehen. Gießt man in eine solche Grube eine Lösung von Eisenvitriol, so bildet sich Ammoniumsulfat und unlösliches Eisensulfid, wobei dann der durch Umsetzung des Harnstoffs in Ammoniumkarbonat alkalisch gewordne Grubeninhalt wieder sauer wird.

Man weiß, dass manche der niedren Organismen, zu denen auch die infektiösen Bakterien gehören, von der Reaktion des Nährbodens, in welchem sie vegetiren, unabhängig sind und in saurer oder alkalischer Lösung gleich gut gedeihen. Andere dagegen sind sehr empfindlich und können nur in alkalischen oder nur in sauren Lösungen gut gedeihen. Das gilt auch vom Cholerakeim, wie wir gesehen haben. Trotzdem hat man von der Anwendung des Eisenvitriols als Desinfektionsmittel gegen den Kommabazillus nichts zu erwarten. Man muss so gefährlichen Feinden mit schärfern Waffen zu Leibe gehen. Dennoch sollte man da, wo es noch Abtrittsgruben gibt, das Eisenvitriol anwenden, nicht etwa nur in Cholerazeiten, sondern immer. Die Bindung des giftigen Schwefelwasserstoffs und des flüchtigen und stark riechenden Ammoniumkarbonats ist jedenfalls nützlich. Das Eisenvitriol zerstört den Gestank, es wirkt desodorirend. Man muss dazu je nach der Zahl der Menschen, welche den Abtritt benutzen, etwa zweimal wöchentlich, eine genügende Menge in Wasser gelöst eingießen. Als Merkmal, dass man genug eingegossen hat, kann gelten, dass der spezifische Abtrittsgeruch aufhört und die Reaktion sauer ist und bleibt. Sehr zweckmäßig ist es, wenn man diese Behandlung noch verbindet mit einem Mittel, von dem wir wissen, dass es die massenhafte Entwicklung der organischen Keime sehr verhindert, z. B. Karbolsäure, welche in solcher Menge zugesetzt werden muss, dass ihr Geruch deutlich wahrnehmbar bleibt. Man kann sich dazu des rohen Karbolöls bedienen, welches sehr billig ist, ebenso wie des rohen schwefelsauren Eisenoxyduls. Man bedarf für jede Person, welche den Abtritt benutzt, etwa 25 g Eisenvitriol und etwa 2,5 g Karbolsäure täglich.

507. Wenn es sich aber darum handelt, zu verhüten, dass der Dejektionen. Keime der Cholerakranken in die Abtrittsgruben kommen und dort sich vermehren, so kann man sich von dieser Behandlung nicht viel versprechen.

Wirksamer ist jedenfalls die Behandlung der Choleradejektionen direkt nach ihrer Entleerung. Besonders in den Choleraspitälern sollte man es streng durchführen, dass die Dejektionen und das Erbrochene sofort nach ihrer Entleerung desinfizirt werden. Dies wird am sicher-

sten geschehen, wenn die Auffanggefäße stets mit einer Sublimatlösung von 1% teilweise gefüllt sind, so dass die bazillenhaltigen Massen gleich sofort mit diesem kräftig und zuverlässig wirkenden Desinfektionsmittel in Berührung kommen. Auch muss jede Stelle des Fußbodens, an welche etwas von den Massen durch Verspritzen oder Verschütten gelangt, sofort mit Sublimat übergossen und gewaschen werden.

der Wäsche. **508.** Da es aber nicht vermieden werden kann, dass auch Wäsche verunreinigt wird, und da gerade diese die Übertragung so leicht vermittelt, so darf man die Wäsche nicht, bis sie der Wäscherin übergeben wird, aufstapeln, sondern muss sie unmittelbar, wenn sie von dem Kranken kommt, unter Verhältnisse bringen, in denen die Keime getötet werden. Hierfür gibt es kein besseres Mittel als Siedehitze. In Krankenhäusern lässt sich dies unschwer durchführen. Um aber auch die Wäsche der in Privathäusern befindlichen Kranken so schnell als möglich der Desinfektion durch Siedhitze zu unterwerfen, hat man sehr zweckmäßig in manchen Städten bei Epidemieen an verschiedenen Orten große Kessel aufgestellt, in denen Wasser im Sieden erhalten wurde und wohin die Leute ihre Wäsche bringen konnten. Erst wenn die Wäsche auf diese Weise unschädlich gemacht ist, darf man sie der weitern Behandlung zur gründlichen Reinigung unterwerfen. Man hat auch auch statt gewöhnlichen Wassers eine Salzlösung z. B. eine gesättigte Zinksulfatlösung benutzt. Diese siedet bei höherer Temperatur, und das ist noch zuverlässiger, denn die Mikroorganismen werden um so sicherer getödtet, je höher die Temperatur ist.

Desinfektionsapparate. **509.** Dieser Prozedur kann man wohl Wäsche unterwerfen, aber nicht Kleidungsstücke, da sie nicht das Kochen vertragen und noch weniger Matratzen, Möbel etc. Zur Desinfektion solcher Gegenstände hat man eigne Desinfektionsapparate hergestellt, die darauf berechnet sind, durch die Wirkung von heißer Luft die Keime zu töten. Wendet man trockene Hitze an, so muss dieselbe mindestens 110° betragen, und die Gegenstände müssen lange auf dieser Temperatur erhalten werden. Da bei Gegenständen von großer Masse, zumal wenn sie schlechte Wärmeleiter sind, die Wärme nur langsam in das Innere eindringt, so muss man die zu desinfizirenden Gegenstände Stunden lang in den Apparaten lassen, wenn man der Wirkung sicher sein will. Man hat Desinfektionsapparate konstruirt in Form eines mit doppelten Wandungen versehenen Kastens. In diesen bringt man die Gegenstände, legt einen Deckel darauf und

erwärmt den Kasten, indem man Wasserdampf in den Zwischenraum der Doppelwandungen einleitet. In solchen Kästen steigt jedoch die Temperatur nicht bis auf 100°. Da Mikroorganismen in Gegenwart von Wasser schon bei niederer Temperatur zu Grunde gehen als im trocknen Zustand, so ist es zweckmäßig, dass man auf den Boden des Kastens etwas Wasser bringt, oder die Gegenstände vorher mit Wasser besprengt. Noch besser aber ist es, wenn man den Wasserdampf direkt durch den Raum, in welchem die Gegenstände sich befinden, hindurchleitet, während man gleichzeitig den Raum von außen her so heizt, dass die Temperatur auf 110° etwa erhalten wird. Man nennt dies Desinfektion in strömendem Wasserdampf mit erhitzter Luft. Ein solcher Apparat muss groß genug sein, um ein ganzes Bett hineinbringen zu können. Solche Einrichtungen können natürlich auch angewendet werden, um höher organisirte Wesen zu töten z. B. Krätzmilben etc. Leider sind die Feinde, um die es sich bei den Infektionskrankheiten handelt, oft viel hartnäckiger. Bei Dauersporen ist man nur dann sicher, sie zu töten, wenn man Stunden lang so hohe Temperaturen anwendet.

Bei jedem Krankenhaus muss ein guter Desinfektionsapparat vorhanden sein. Außerdem sollten von den Gemeinden Desinfektionsanstalten zur Benutzung für Jedermann eingerichtet werden, und die Bevölkerung müsste daran gewöhnt werden, nach jedem Erkrankungsfall an einer Infektionskrankheit die Gegenstände desinfiziren zu lassen. Wenn aber kein solcher Apparat zur Verfügung steht, so muss man einen gewöhnlichen Backofen benutzen. Nachdem der Ofen angeheizt worden und das Feuer eine Zeit lang gebrannt hat, wird die Asche bei Seite geschoben, dann werden die Gegenstände an Stangen etc. befestigt hineingeschoben, nachdem man sie vorher tüchtig mit Wasser besprengt hat. Die Thüren des Ofens werden geschlossen, die Fugen mit Lehm verstrichen, und dann wartet man ruhig ab, bis der Ofen so weit abgekühlt ist, dass man ihn öffnen und die Gegenstände entfernen kann.

510. In allen Fällen von Infektionserkrankungen müssen wir daran denken, dass die Keime in die Dielen, Poren des Mauerwerks, der Krankenzimmer gekommen sind. Namentlich bei den exanthematischen Infektionskrankheiten, bei denen die Keime leicht durch die Luft verbreitet werden, müssen wir auch auf Desinfektion der Krankenzimmer bedacht sein. In solchen Fällen kann man nur von gasförmigen Stoffen, welche in die Poren eindringen, wie Chlorgas oder schweflige Säure, einen Erfolg erwarten. Man pflegt deshalb Zimmer, in denen

Desinfektion der Krankenzimmer.

Kranke gelegen haben, nachträglich zu desinfiziren, indem man Schalen mit Schwefelblumen aufstellt, die Fenster schließt, eventuell die Fugen verstopft, dann unter den Schalen kleine Flammen anbringt, welche den Schwefel erhitzen, und denselben entzündet. Es wird sich schweflige Säure bilden und im Zimmer verbreiten. Man muss aber das Zimmer stundenlang der Einwirkung des Gases überlassen. Nachdem dies geschehen, öffnet man schnell die Fenster, lässt die Luft wieder frei durchströmen, um die schweflige Säure wieder zu vertreiben, in der Hoffnung, dass sie überall eingedrungen und ihre Wirkung gethan hat. Man wird auch gut thun, durch Waschungen des Bodens mit Sublimatlösung das Werk zu unterstützen.

Man hat noch eine große Anzahl anderer Desinfektionsmittel empfohlen, deren Wirksamkeit aber unsicher ist, so die Lösungen unterschwefligsaurer Salze (*Eau de Javelle*), die unterchlorigsauren Salze und das Natrium- oder Kaliumpermanganat. Über das letztere habe ich mich schon ausgesprochen (§ 365).

Persönliche Schutzmassregeln.

511. Während diese Maßregeln darauf ausgehen, die von den Kranken ausgehenden Infektionskeime unschädlich zu machen, haben wir jetzt noch die Frage zu beantworten, ob und wie der einzelne Mensch sich vor der drohenden Infektion zu schützen vermag. Wüssten wir genau, auf welche Weise die Infektionskeime in den Menschen eindringen, so könnten wir auf Mittel sinnen, dies zu verhindern. Aber bei der Unsicherheit, welche in dieser Beziehung noch herrscht, ist es nur möglich allgemeine Maßregeln zu treffen. Hierbei muss der Grundsatz festgehalten werden, dass es besser ist, etwas Überflüssiges zu thun, wenn es nicht schadet, als aus vorgefasster Meinung etwas zu vernachlässigen.

Zu den notwendigen Maßregeln gehört vor allen Dingen eine sorgfältige Überwachung der Diät, da namentlich bei den infektiösen Darmkrankheiten, Typhus, Cholera, Dysenterie, die Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, dass ein krankhaft affizirter Darm den Angriffen der Infektionskeime mehr ausgesetzt ist wie ein gesunder. Selbst geringe Diarrhöen darf man nicht vernachlässigen, sondern soll sogleich ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Ebenso muss man die Leute ermahnen, dass sie sich vor plötzlichen Erkältungen schützen, sich zweckmäßig kleiden, den Unterleib durch Wollbinden schützen u. s. w. Was für den Unterleib gilt, passt in andern Fällen auf die Schleimhäute des Rachens z. B. bei der Diphtherie. Wir können auch hier vermuten, dass eine schon vorhandene katarrhalische Erkrankung das Anhaften der Krankheitskeime begünstigt. Daneben

werden fleißige Gurgelungen und Mundspülungen mit Adstringentien und Desinfektionsmitteln von Nutzen sein. Für diesen Zweck ist eine schwache Lösung von Kaliumpermanganat wohl zu empfehlen, da sie beides leistet und energischere Desinfektionsmittel nicht verwendbar sind. Auch Thymol wird für diese Zwecke empfohlen.

Nicht genug warnen kann man vor dem Gebrauch der immer in Cholerazeiten stark angepriesenen Choleratropfen und ähnlicher Präparate. Sie sind weiter nichts als Schnäpse mit Zusatz irgend einer bitter schmeckenden Substanz oder auch Opium. Unter Umständen wird ja der Arzt derartige Mittel verschreiben, aber in passenden Dosen und passender Zusammensetzung. Jene Schnäpse aber bewirken bei Menschen, die sonst keine starken alkoholischen Getränke zu nehmen pflegen, gerade das, was am meisten zu vermeiden ist, Magen- und Darmkatarrhe. Man muss im Gegenteil auf Mäßigkeit im Genuss alkoholischer Getränke dringen. Vor allen Dingen aber, da die Einführung des Typhus oder Cholerakeimes auf dem Wege des Trinkwassers geschehen kann, und sicherlich häufig geschieht, so soll man sich vor dem Genuss von Wasser, das in seiner Zusammensetzung unbekannt ist, hüten. Und da in Orten und zu Zeiten, wo Epidemieen herrschen, jedes Trinkwasser unzuverlässig ist, so folgt daraus, dass man das Wasser nur in abgekochtem Zustand trinken soll. Ich verweise in dieser Beziehung auf das beim Trinkwasser Bemerkte (§ 353, 363—365).

Schließlich aber können wir nicht dringend genug auf die Wichtigkeit aller jener Maßregeln hinweisen, welche zur Trockenlegung des Bodens und zur Abhaltung aller Verunreinigungen von demselben dienen. Alle nachweisbaren hygienischen Fortschritte sind bis jetzt hauptsächlich auf diese Weise errungen worden. Wenn auch die theoretische Kenntnis des Bodeneinflusses auf die Gesundheit noch mangelhaft ist, praktisch ist der Einfluss unleugbar. Wie beim Typhus ist deshalb auch bei der Cholera und wahrscheinlich auch bei vielen andern Infektionskrankheiten das sicherste und wirksamste Vorbeugungsmittel eine gute Kanalisirung und zweckmäßige Behandlung aller Abfälle.

Fünfundfünfzigste Vorlesung.

Zoonosen.

Milzbrand. — Übertragung durch Impfung. — Abschwächung der Virulenz. — Schutzimpfung gegen Milzbrand. — Übertragung auf den Menschen. — Verbreitung bei Tieren. — Wahrscheinliche Übertragung durch Sporen. — Vermeintliche Umformung der Mikroben. — Versuche von BUCHNER. — Möglichkeit der Abschwächung. — Rotzkrankheit. — Hundswut. — Übertragung auf Menschen. — PASTEUR's Impfungen. — Prophylaktische Maßregeln.

Milzbrand.

512. Eine besondre Gruppe bilden diejenigen Infektionskrankheiten, welche in der Regel bei Tieren auftreten, aber gelegentlich auf den Menschen übertragen werden. Man fasst sie unter dem Namen der Zoonosen zusammen. Dazu gehören die Hundswut (*Rabies canina, Lyssa*) — der Rotz oder Wurm (*Malleus*), — der Milzbrand (*Anthrax, Pustula maligna*) und die Aktinomykose. Außerdem können wir hierher rechnen die schon früher besprochenen Infektionen mit Eingeweidewürmern. Vielleicht gibt es auch umgekehrt Krankheiten, welche vom Menschen auf Tiere übergegangen sind, z. B. die Tuberkulose, die unter dem Namen der Perlsucht bei Tieren auftritt. Weniger von Bedeutung sind der Rotlauf der Schweine, die Klauenseuche, der Rauschbrand u. a., welche zum Teil auch unter Umständen den Menschen infiziren können, was aber doch nur selten geschieht.

Beginnen wir mit der am meisten bekannten Krankheit, dem Milzbrand. Es ist das eine Krankheit, die ziemlich häufig beim Rindvieh und bei Schafen auftritt, seltner bei Pferden. Man muss zwei Formen unterscheiden: den Hautmilzbrand (*Pustula maligna*), Karbunkel und den Darmmilzbrand (*Mycosis intestinalis, Anthrax intestinalis*). Bei der ersten Form entstehen auf der Haut Blasen, welche sich mit einer blutig-jauchigen Flüssigkeit füllen, dann platzen und ein Geschwür hinterlassen; bei der zweiten Form fehlen die Hautaffektionen häufig ganz, die Krankheit ist im Dünndarm lokalisirt, in dessen Schleimhaut hämmorrhagische Geschwüre sich finden. In beiden Fällen findet man in der Jauche Tausende von kleinen nicht beweglichen Bakterien, den Bazillus anthracis, welche

schon 1849 von Pollender aufgefunden, deren organische Natur zuerst 1863 von Davaine entdeckt wurde.

513. Auch im Blut des erkrankten Tieres, namentlich in dem der Milz, zeigt sich derselbe in großer Menge. Davaine und später Pasteur zeigten, dass in diesem Bazillus der eigentümliche gefährliche Stoff, das Krankheitsgift enthalten ist. Wenn man nämlich einen Tropfen Blut unter die Haut eines andern Tieres impft, so vermehrt sich der Bazillus innerhalb des geimpften Tieres massenhaft und das neue Tier, das auf diese Weise geimpft wurde, wird von derselben Krankheit befallen, so dass jeder Tropfen Blut im Stande ist, die Krankheit zu übertragen. Aber nicht alle Tiere sind gleich empfindlich gegen dieses Gift. Man kann es auf Kaninchen beispielsweise leicht übertragen, welche, wenn sie mit einem Blutstropfen von milzbrandkranken Rindvieh geimpft werden, meist innerhalb 48 Stunden erliegen. Wenn man aber das Blut eines milzbrandkranken Rindes sehr stark verdünnt und davon impft, so bekommt man eine Grenze, wo man findet, dass die Übertragung nicht mehr tötlich ist. Da aber die wenigen übergeimpften Bazillen in dem neuen Tiere sich wieder vermehren, so hat man es einige Tage später nicht mehr mit dem verdünnten Blut zu thun, sondern mit einer neuen Entwicklung der Bazillen; daher kann man einige Tage später wieder eine stark wirksame Impfung mit dem Blute eines solchen Tieres vornehmen. Übertragung durch Impfung.

514. Statt der Züchtung im lebenden Tier kann man auch die Züchtung auf künstlichem Nährboden anwenden, um die Bazillen zu vermehren und so von einigen wenigen Pilzen große Massen zu gewinnen, welche starke Vergiftungen veranlassen können. Wenn man aber diese Züchtung bei ungenügender Zusammensetzung des Nährbodens vornimmt, oder den Nährstoffen schädliche Stoffe (z. B. Karbolsäure) in Dosen, welche die Pilze nicht töten, zusetzt, oder noch besser, wenn man die Pilze hohen Temperaturen (42—43°) aussetzt, so erhält man Kulturen, welche sich in Aussehen und Art der Fortpflanzung nicht von den gewöhnlichen Anthraxbazillen unterscheiden, wohl aber in der Virulenz. Impft man Tiere mit so abgeschwächtem Milzbrandgift, so werden sie gar nicht oder nur wenig krank und sterben nicht. Aber sie erlangen zugleich, wie Pasteur gefunden und Koch bestätigt hat, eine gewisse Immunität gegen das ächte Milzbrandkontagium. Sie können jetzt mit diesem geimpft werden, ohne zu sterben, ja selbst ohne zu erkranken. Abschwächung der Virulenz.

Diese Art des Schutzes gegen die Gefahren der Milzbrandvergiftung erinnert an diejenige, welche wir bei den Pocken kennen

gelernt haben. Vielleicht ist der Zusammenhang bei den Blattern ähnlich wie bei dem Milzbrand. Vielleicht ist die Kuhpocke ursprünglich vom Menschen auf die Kuh übertragen worden, hat aber innerhalb des neuen Organismus als auf einem ihr nicht ganz zusagenden Nährboden eine Abschwächung erfahren, durch welche das Gift verändert ist und nicht mehr so giftig wirkt wie das echte Blatterngift, aber immer noch Immunität bewirkt. Ist das richtig, so haben wir einen Fingerzeig für weitere Fortschritte der Schutzimpfung auch gegen andre Infektionskrankheiten. Was für den Milzbrand und die Blattern gilt, kann auch für andre, ähnliche Fälle gefunden werden. Und so sehen wir denn auch, dass man sich eifrig bemüht, für alle möglichen Infektionskrankheiten Schutzimpfungsverfahren zu finden, sie sogar für Cholera und Hundwut schon gefunden zu haben glaubt.

Schutzimpfung gegen Milzbrand.

515. Ich bin bei der Cholera auf die Impfung, welche von einem Spanier Namens Ferran angewendet worden ist, nicht eingegangen, weil seine Methode nicht genügend bekannt und auch in ihren Erfolgen durchaus nicht bewährt ist. Von der Impfung bei Hundswut werde ich noch sprechen. Was aber den Milzbrand anlangt, so würde eine sichere Methode des Schutzes, abgesehen von ihrem hohen wissenschaftlichen Interesse, auch eine große ökonomische Bedeutung haben, wenn wir durch Impfung unsre Herden schützen könnten. In der That hat Pasteur auf Grund seiner Versuche eine solche allgemeine Impfung empfohlen. Leider aber ist die Impfung selbst nicht so unschädlich, wie es sein müsste, um einen Landwirt zu veranlassen, alle seine Tiere impfen zu lassen, andrerseits aber scheint sie nach den Versuchen von Koch wohl gegen den Hautmilzbrand, nicht aber gegen den bei Tieren viel häufigeren Darmmilzbrand zu schützen. Ich werde auf diese Frage sogleich zurückkommen. Zuvor aber muss ich versuchen, Ihnen auseinanderzusetzen, wie der Milzbrand entsteht und wie er übertragen wird.

Übertragung auf den Menschen.

516. Für den Milzbrand des Menschen ist die Sache sehr einfach. Bei der Behandlung der Kranken und gefallenen Tiere ist es gar nicht zu vermeiden, dass sich Menschen verletzen, oder sie haben schon kleine Wunden oder Hautabschürfungen, durch welche das Gift in den Körper eintritt. Die Übertragung geschieht also auf dem Wege der Impfung, wie in unsern Versuchen mit absichtlicher Übertragung. Dem entspricht es auch, dass die Krankheit fast ausschließlich bei Viehknechten, Schäfern, Metzgern u. d. g. vorkommt, welche mit den kranken oder gefallenen Tieren zu thun haben, namentlich wenn sie letztere zerlegen, die Felle abziehen

u. s. w., wobei Verletzungen der Haut gerade nicht selten entstehen oder schon vorhanden sind. Auch Insekten, welche auf den kranken oder gefallenen Tieren gesessen haben, sollen durch Stiche das Gift auf Menschen überimpfen. Ich weiß nicht, ob ein derartiger Fall mit genügender Sicherheit festgestellt ist (Zeitungsmeldungen halte ich für keinen genügenden Beweis), aber möglich ist er jedenfalls. Solche Übertragung ist natürlich an kein bestimmtes Gewerbe gebunden. Aber die Übertragung kommt auch bei Leuten vor, welche mit den Fellen oder der Wolle kranker Tiere zu thun haben, bei Gerbern, Wollsortirern, Rosshaarsortirern und Tapezierern, ferner bei Lumpensammlern und den Arbeitern in Papierfabriken. In diesen Fällen handelt es sich um Infektion mit Dauersporen, welche gerade der Milzbrandbazillus sehr leicht bildet, und die Infektion braucht nicht durch Hautwunden zu erfolgen, sondern geschieht in der Regel durch Aufnahme der Sporen in den Darm. Daher ist die Erkrankung dann auch in der Regel keine Haut-, sondern eine Darmmykose.

Daraus folgt, dass die Verwertung aller Teile eines an Milzbrand gefallenen Tieres verboten werden muss. Denn obgleich mit Sicherheit behauptet werden kann, dass der Genuss des Fleischs an sich unschädlich ist, so ist die Gefahr, welche mit der Zerlegung verbunden ist, größer als der Nachteil des Verlustes des Fleischs und der übrigen verwertbaren Teile. Es ist daher unbedingt notwendig, dass milzbrandige Tiere unzerlegt verscharrt werden müssen. Kleinere Tiere würde man, wenn es nicht mit Schwierigkeiten verknüpft wäre, am besten verbrennen oder ganz ungeteilt in großen Kesseln kochen, um die Bazillen sicher zu töten. Im letztern Falle würde die Verwertung des ausgeschmolzenen Fettes zur Bereitung von Wagenschmiere und ähnlichen technischen Verwendungen, wie sie auf den Abdeckereien üblich sind, gestattet werden können, vorausgesetzt, dass Sicherheit gegen jeden Misbrauch der Erlaubnis gegeben wäre.

517. Schwieriger ist es zu sagen, auf welche Weise die Verbreitung der Krankheit bei den Tieren erfolgt. Es gibt Gegenden, in denen der Milzbrand selten, andre, in denen er sehr häufig ist. Gewisse äußere Einflüsse begünstigen seine Verbreitung, z. B. häufige Überschwemmungen der Flussufer, welche als Weideplätze dienen, die Benutzung sumpfiger Wässer zum Tränken des Viehs. Pasteur, der sich viel mit dieser Krankheit beschäftigt hat, hat die Meinung aufgestellt, dass, wenn mit Milzbrand behaftete Tiere vergraben wer-

Verbreitung bei Tieren.

den, die Milzbrandkeime im Erdboden weiter leben und allmählich wieder an die Oberfläche kommen. Er hat zu näherer Erläuterung eine Mitteilung von DARWIN über die Thätigkeit der Regenwürmer herangezogen. Von diesen hat DARWIN nachgewiesen, dass sie eine Umwühlung des Erdbodens bewirken, indem sie tiefe Gänge in die Erde bohren, dann aber von Zeit zu Zeit an die Oberfläche kommen, um sich Nahrung zu suchen. Indem sie zu besserer Verdauung Erde verschlucken, welche im Darmkanal als Reibmittel wirkt, und wenn sie an die Oberfläche kommen den reichlich mit Erde vermischten Kot absetzen, tragen sie nicht wenig zur Bildung der Humusdecke bei. So geringfügig diese Arbeit für jeden einzelnen Wurm auch sein mag, ist doch bei der Masse der Würmer die Gesamtleistung eine so erhebliche, dass sie im Laufe eines Jahres eine Schicht von bedeutender Dicke aus der Tiefe an die Oberfläche bringen. Wenn man auf einen Acker weißen Mergel streut, kann man nachweisen, dass er nach einem Jahr nicht mehr an der Oberfläche liegt, sondern von einer dicken Humusschicht, welche von den Regenwürmern heraufgebracht wurde, bedeckt ist. PASTEUR glaubt nun, dass die Würmer bei dieser Gelegenheit auch aus den verscharrten Kadavern Bazillen an die Oberfläche bringen. Wenn dann an einer solchen Stelle Rinder oder Schafe weiden, so könnten sie die Bazillen aufnehmen und sich infiziren. Diese ganze Betrachtung stützt PASTEUR noch durch den Hinweis auf die Thatsache, dass Tiere, welche an Stellen weiden, wo früher Leichen von milzbrandkranken Tieren verscharrt wurden, sehr häufig erkranken. Zum Überfluss hat er dies noch durch einen Versuch bewiesen. Er ließ einen Platz, an welchem ein an Milzbrand gefallenes Tier verscharrt war, einzäunen und einen gleich großen daneben und ließ Schafe auf beiden weiden. Von den ersteren wurde eine sehr große Zahl vom Milzbrand befallen.

Wahrscheinliche Uebertragung durch Sporen.

518. Aber es bedarf aller dieser geistreichen Hypothesen nicht, und auch die Regenwürmer können wir ganz entbehren. Es ist, wie KOCH mit Recht hervorhebt, gar nicht wahrscheinlich, dass die Milzbrandbazillen in einem verscharrten Tier so lange lebendig bleiben. Dieselben brauchen sehr viel Sauerstoff und eine ziemlich hohe Temperatur, wie sie schon in einer mäßigen Tiefe des Erdbodens nicht mehr vorhanden ist. Dagegen ist es sehr wahrscheinlich, dass überall da, wo ein Milzbrandkadaver verscharrt wurde, die Erde auch oberflächlich mit Bazillen verunreinigt wurde und dass diese dort Gelegenheit genug haben, sich zu vermehren und Sporen zu bilden,

welche sehr lange lebensfähig bleiben und in andere Tiere gelangen können. Er vermutet, dass die Bazillen gar nicht selten in den oberflächlichsten Schichten der Erde, besonders an feuchten Stellen weiter vegetiren, dann beim Eintrocknen Sporen bilden, bei Überschwemmungen weiter verschleppt und an Nachbarstellen wieder abgesetzt werden. Es ist vielleicht ein ganz ähnliches Verhältnis anzunehmen, wie es auch bei manchen Eingeweidewürmern besteht, welche, wenn sie ein Tier verlassen haben, nicht unmittelbar in ein neues Tier übergehen, sondern dazwischen eine Zeit lang im Wasser oder Boden sich aufhalten können. Gerade der Milzbrandbazillus gedeiht so gut auf allen möglichen Nährböden, dass man ihn nicht für einen reinen Parasiten ansehen kann; vielleicht ist er sogar ein richtiger Saprophyt, der nur ausnahmsweise auch parasitisch im Tierkörper leben und sich vermehren kann, wobei er freilich seinem Wirt mit schwerem Undank lohnt.

Wenn nun weidende Tiere die Bazillen oder ihre Sporen vom Boden aufnehmen, so kann es wohl gelegentlich vorkommen, dass ein solches Tier eine kleine Wunde hat oder sich an einem scharfen Halm verletzt und so durch Impfung infizirt wird. In der Regel aber werden die Pilze in den Darm gelangen und werden Darmmilzbrand erzeugen. Es ist nun sehr bedauerlich, dass die Pasteur'sche Schutzimpfung gegen die Infektion vom Darm aus gar nicht oder sehr wenig wirksam ist. So sind wir also zur Bekämpfung der Seuche, vorläufig allein auf die oben angegebnen Mittel angewiesen, Vorsicht bei der Behandlung der Kadaver, um die Verstreuung der Bazillen zu verhüten, und womöglich Vernichtung derselben durch Feuer und Siedhitze. Vielleicht könnte man noch das Überschütten der Kadaver mit einer recht konzentrirten Karbollösung hinzufügen.

Ich habe mehrmals auf die Sporenbildung hingewiesen und ich will kurz noch einiges über dieselbe nachtragen. Die Milzbrandbazillen sind zylindrische Stäbchen von 7—12 μ Länge, welche sich durch Querteilung vermehren. Diese Vermehrung geht außerordentlich schnell vor sich. Bei der künstlichen Züchtung auf passendem Nährboden wachsen sie aber leicht zu langen Fäden aus, in denen glänzende ovale Körperchen entstehen. Dann zerfallen die Fäden, die Körperchen werden frei. Sie sind von einer ziemlich dicken Haut umschlossen und können in diesem Zustand (als Dauersporen) sehr lange im trocknen Zustand keimfähig bleiben, widerstehen auch starker Erhitzung und andern schädlichen Einwirkungen, welche die

Bazillen sicher töten. Die Sporenbildung tritt nur ein bei reichlichem Zutritt von Sauerstoff, daher niemals in der unversehrten Leiche, und bei passenden Temperaturen, nicht unter 18° und nicht über 34°; am günstigsten für die Sporenbildung ist eine Temperatur von 30°. Am leichtesten erhält man Milzbrandsporen auf gekochten Kartoffeln.

Bringt man die Sporen in die Hautwunde eines Tieres oder auf passende Nährböden, so öffnet sich die dicke Hülle, die junge Zelle schlüpft aus, dehnt sich und wird wieder zum Bazillus.

Wenn also auch nur ein Tropfen Milzbrandblutes auf den Boden vergossen wird, und er trocknet ein, so kommt es zur Bildung solcher Dauersporen. Diese werden dann durch den Wind zerstreut und wenn sie in einen Sumpf kommen, können sie sich wieder zu Bazillen entwickeln. Wenn der Sumpf eintrocknet, kann es von neuem zur Sporenbildung kommen. Liegen solche Sümpfe oder Lachen innerhalb des Überschwemmungsgebiets eines Flusses, so können sie vom Wasser fortgeführt und an andern Stellen des Ufers wieder abgelagert werden. Dienen solche Gegenden zur Viehweide, so haben die Tiere genug Gelegenheit, sich zu infiziren. Von den Tieren können sie dann wieder auf Menschen übertragen werden. Wir haben daher alle Veranlassung, zu thun, was wir können, um die Krankheit auch beim Vieh einzuschränken. Die befallenen und die gefallenen Tiere müssen deshalb so behandelt werden, dass die Bazillen getötet werden oder dass wenigstens die Verschleppung und Neuinfektion sowie die Sporenbildung verhindert wird.

Vermeintliche Umformung der Mikroben.

519. Es knüpft sich noch eine wichtige Diskussion an den Milzbrandbazillus. Einige Bakteriologen, u. a. auch Prof. Naegeli in München, vertreten die Ansicht, dass einzelne Bakterien sich in ganz anders geartete je nach Umständen umwandeln können. Diese Ansicht ist nicht zu verwechseln damit, dass ein und dieselbe Spezies in verschiedenen Formen erscheint, dass also eine gewisse Bakterienart in Form von Stäbchen, Ketten, Schrauben etc. auftreten kann. Das sind kleine Wechsel in der äußerlichen Erscheinung. Es handelt sich vielmehr darum, ob aus dem spezifischen Bazillus des Milzbrandes ein ganz anderer Bazillus werden kann. Insbesondre Hans Buchner glaubte bewiesen zu haben, dass man aus einem Milzbrandbazillus den Heubazillus und umgekehrt machen kann. Wenn man ein Heuinfus macht und dasselbe in einer Temperatur von 20—30° aufbewahrt, so wimmelt es nach einigen Tagen von einer Anzahl verschiedener Bazillen. Unter ihnen ist an Zahl überwiegend eine Form, welche den Milzbrandbazillen sehr ähnlich ist, und welche

wegen ihres Vorkommens als Heubazillus (*Bacillus subtilis*) bezeichnet wird. Die Keime des Bacillus subtilis sind sehr verbreitet, kommen in dem Staub unsrer Zimmer, in trockner Erde, in den Fäzes, kurz überall vor. Kocht man ein Heuinfus kurze Zeit, so werden viele der darin enthaltenen Bakterien getötet, die Keime des Bacillus subtilis widerstehen aber der kurzen Einwirkung der Siedhitze und entwickeln sich nachher desto reichlicher. Von den Milzbrandbazillen unterscheiden sich die Heubazillen durch ihre Beweglichkeit; bei stärkern Vergrößerungen sieht man, dass diese durch Geißelfäden vermittelt wird, von denen an jedem Ende des Stäbchens einer vorhanden ist.

Der Heubazillus bildet leicht Sporen, welche gegen trockne Hitze und andre Schädlichkeiten sehr widerstandsfähig sind. Bei der Keimung tritt der neue Bazillus aus der Spore nicht (wie beim Milzbrandbazillus) an dem einen Pol, sondern aus der Mitte hervor. Der Heubazillus ist nicht pathogen. Große Mengen desselben können Tieren unter die Haut oder in die Blutbahn gebracht werden, ohne zu schaden. Im letztern Falle bleiben sie in der Milz und in der Leber stecken, wo man sie noch Monate nachher in großen Massen findet.

Versuche von Buchner.

520. Diesen Heubazillus glaubte Buchner künstlich aus echtem Milzbrandbazillus durch Züchtung heranziehen zu können. Er impfte Fleischbrühe mit Milzbrandblut, verdünnte die Flüssigkeit stark, impfte davon wieder in neue Lösungen und so fort. Er erhielt auf diese Weise zuletzt Flüssigkeiten mit Bazillen, welche nicht mehr die deletären Eigenschaften des Milzbrandbazillus haben und von denen er glaubt, dass sie nichts anderes wären als Heubazillen. Umgekehrt will er aus dem Heubazillus einen giftigen Milzbrandbazillus gezüchtet haben. Da er sich aber zu seinen Züchtungen nicht der festen Nährböden bediente, so können seine Versuche nicht als beweiskräftig angesehen werden. Angenommen es sei in dem ersten Tropfen Blut, der zur Impfung des Fleischsafts diente, neben 1000 Milzbrandbazillen ein fremder Bazillus, der den andern ähnlich ist, so werden sich beide vermehren. Wenn man nun immer wieder in Flüssigkeiten überimpft, welche der Entwicklung des Milzbrandbazillus nicht so günstig sind wie der der fremden Art, so geht der Milzbrandbazillus allmählich zu Grunde, und in der letzten Nährstofflösung findet man vielleicht keine Spur von dem ursprünglichen Milzbrandbazillus, dagegen sehr viele von der andern Art, die anfangs in der Minderheit war, sich aber ungehindert vermehrt hat und nun

allein vorhanden ist. Bei Züchtung auf festem Nährboden ist das anders. Hierbei kann man schon bei der ersten, jedenfalls bei den folgenden Überimpfungen die Trennung der ursprünglich gemischten Arten vornehmen. Man kann schon aus der Art der Verbreitung einigermaßen sehen, ob alle sich entwickelnden Kolonien gleich sind oder nicht, und kann selbst ähnliche Arten scharf von einander trennen.

Noch weniger sicher ist die Angabe Buchner's, dass es möglich sei, aus dem unschuldigen Heubazillus durch Überimpfung wirklich solche Bakterien zu züchten, welche den Milzbrand erzeugen. Wenigstens haben weder Koch noch Prazmowski die Versuche von Buchner bestätigen können.

Möglichkeit der Abschwächung.

521. Man würde aber sehr Unrecht handeln, wenn man die Frage schon für entschieden halten wollte, ob man einem Bazillus durch Züchtung in passenden Medien seine Infektionskraft nehmen kann. Dazu wäre es gar nicht erforderlich, dass man den Bazillus in einen andern verwandelt; er könnte an seiner pathogenen Wirksamkeit einbüßen mit voller Erhaltung seiner botanischen Speziescharaktere. Ich halte es gar nicht für unwahrscheinlich, dass eine und dieselbe Bazillenspezies in einer giftigen und in einer ungiftigen Rasse existiren kann. Es kommt nur darauf an, die Wege zu finden, wie man die letztere Rasse züchten und die erstere durch die letztere verdrängen kann. Bei der ungemeinen Wichtigkeit der Frage für das Wohl der Menschheit sind immer wieder erneute Versuche höchst wünschenswert. Auf diesem Weg hoffen wir weiter zu gelangen und nützliche Entdeckungen zu machen. Gelingt es möglicherweise durch passende Überimpfung auf Tiere oder Nähr-Stofflösungen einen Milzbrandbazillus zu züchten, der nicht mehr so gefährlich ist und der womöglich einen Schutz gewährt gegen neue Infektionen, so wäre das Ziel erreicht, welches die bis jetzt noch nicht genügende Pasteur'sche Schutzimpfung sich gesetzt hat.

Rotzkrankheit.

522. Während der Milzbrand vorzugsweise bei Rindern und Schafen vorkommt, ist der Rotz oder Wurm (Malleus) eine Krankheit der Pferde, Esel und Maultiere. Sie äußert sich durch das Auftreten von knotenartigen Anschwellungen der Nasenschleimhaut, welche große Neigung haben zu zerfallen, wobei reichliches eitriges Sekret ausgeschieden wird. Neuerdings (1882) haben Löffler und Schütz die Bazillen der Rotzkrankheit aufgefunden. Sie stellen kleine, schlanke Stäbchen dar, welche keine Eigenbewegung haben und den Tuberkelbazillen sehr ähnlich sind. Ob sie Sporen bilden, ist noch nicht ausgemacht, doch sind sie im trocknen Zustande lange lebens-

fähig. Künstlich gezüchtete Kulturen bewirken, auf Pferde und Esel zurückgeimpft, die charakteristische Rotzkrankheit, töten Mäuse und Meerschweinchen, während Rinder und Schweine unempfänglich sind. Die Bazillen verlieren aber schnell ihre schädlichen Eigenschaften, wenn sie in mehreren Kulturen nacheinander künstlich gezüchtet werden.

Die Übertragung der Krankheit auf den Menschen erfolgt leicht, wenn kleine Wunden sich in der Haut oder Schleimhaut befinden. Es genügen dazu ganz minimale Verletzungen; es fallen der Krankheit daher vorzugsweise solche Menschen zum Opfer, welche mit Pferden zu thun haben wie Pferdeknechte, Kutscher etc. Mir ist aber auch ein Fall bekannt geworden, in welchem eine Dame erkrankte, nachdem sie sich beim Aussteigen aus einer Droschke eine kleine oberflächliche Hautverletzung an der Nase zugezogen hatte. Die Krankheit ist fast immer tötlich.

Daher ist, wenn der Rotz ausbricht, sorgfältige Isolirung der kranken Tiere, Stallsperre, größte Vorsicht für die, welche die Pferde zu warten haben, nötig. Wenn ein Tier zu Grunde geht, so ist sorgfältige Überwachung über den Verbleib des Tieres anzuordnen. Sicherlich wäre es am besten, die Verwertung der Leichen ganz zu verhindern, vielmehr streng darauf zu sehen, dass dieselben unzerlegt verscharrt und dadurch unschädlich gemacht werden. Jedenfalls ist aber auch eine Desinfektion des Stalles und der mit den kranken Tieren in Berührung gekommenen Geräte vorzuschreiben.

523. Viel bekannter als Milzbrand und Rotz ist die dritte der von uns zu besprechenden Zoonosen, die Hundswut (*Rabies canina*, *Lyssa*), von der so viel in letzter Zeit die Rede ist, weil Pasteur einen Schutz gegen sie gefunden zu haben glaubt. Die Wut tritt beim Hund und den ihm verwandten Tieren, Wolf, Fuchs etc., seltner bei andern Tieren (Katzen, Rinder, Pferde) aus unbekannten Ursachen auf und kann durch Übertragung auf andre Tiere und Menschen verbreitet werden. Die eigentümlichen Erscheinungen sind außerordentlich schwierig zu erkennen. Man kann unter Umständen Tiere sehen, denen scheinbar gar nichts fehlt, die aber doch von der Wut befallen sind. Man unterscheidet zwei Formen: die rasende und die stille Wut. Beide sind aber nicht scharf getrennt und gehen durch Zwischenformen in einander über. Das erste Zeichen der Erkrankung ist gewöhnlich eine Veränderung im Charakter des Tieres; ein gutartiger Hund wird scheu, reizbar, fällt ohne Grund andre Tiere, ja sogar seinen eigenen Herrn an. Die Stimme ist meistens heiser und rauh;

Hundswut.

statt zu bellen stößt das Tier ein klagendes Geheul aus. Es verschmäht sein Futter, frisst dagegen Stroh, Papier, Erde. In spätern Stadien stellen sich Lähmungen ein, besonders der hintern Extremitäten; das Tier schleppt die Hinterbeine nach, lässt den Schwanz hängen und schleppt sich nur mühsam auf den vordern Extremitäten. Bei der stillen Wut kommt dieses Lähmungsstadium schon früher, das Stadium der Reizung ist kurz oder fehlt ganz.

Die Krankheit führt auch den Namen Wasserscheu, weil man glaubte, dass die Tiere Scheu vor dem Wasser haben. Im Volk ist dieser Glaube noch sehr verbreitet und es sieht ein diagnostisches Merkmal darin, dass kranke Tiere, wenn man sie gegen das Wasser zu jagen sucht, sich mit Widerwillen von ihm abwenden. Das ist nicht zutreffend; was aber die Veranlassung zu dieser Annahme gegeben hat, ist der Umstand, dass wutkranke Tiere neben den vorher geschilderten Symptomen eine gesteigerte Reflexerregbarkeit bekommen, besonders in den Schlingmuskeln, welche bei dem Versuch zu schlingen in eine krampfhafte Zusammenziehung verfallen, wodurch es den Tieren unmöglich ist, zu saufen. Da diese Krämpfe mit starken Schmerzen verbunden sind, so entwickelt sich allerdings eine Scheu vor dem Saufen, so dass sie, wenn man ihnen Fressen oder Wasser vorsetzt, in der Erinnerung an die Schmerzen, fliehen oder zornig werden. Die Krankheit ist ferner verbunden mit dem Auftreten kleiner Bläschen auf der Mundschleimhaut und reichlicher Absonderung von Speichel, welcher häufig als Schaum vor dem Munde sichtbar ist. Der Speichel enthält das Gift, von dem wir noch nicht wissen, ob es auf einem spezifischen Mikroorganismus beruht. Ein solcher ist bis jetzt noch nicht gefunden worden. Mit dem Speichel wird das Gift durch Biss übertragen. Wenn der kranke Hund andere Tiere oder Menschen anfällt und beißt, so fließt der Speichel in die Wunde und gibt Gelegenheit zur Infektion.

Übertragung auf Menschen.

524. Wird die Krankheit auf den Menschen übertragen, was in der Regel durch den Biss von Hunden, in Russland öfter auch von Wölfen geschieht, so kann sie nach einer Inkubationszeit von unbestimmter Dauer ausbrechen. In der Regel beträgt die Inkubationszeit 3–6 Monate; sie soll aber angeblich auch schon ein Jahr und darüber betragen haben. Fälle von kürzerer Inkubationsdauer sind sicher beobachtet worden. Das hervorragendste Symptom sind auch beim Menschen die sehr schmerzhaften Schlundkrämpfe, welche das Schlingen unmöglich machen, wobei sich eine furchtbare Aufregung und Steigerung der Reflexerregbarkeit zeigt, welche später zu ähn-

lichen Krämpfen, wie beim Tetanus und zum Tode führt. Dass die Kranken in ihrer Angst und Wut andre Menschen anfallen, dass sie ihre ganze Willensstärke zusammennehmen mussten, um nicht ihre Umgebung zu beißen, wird aus den Angaben einzelner Kranken mitgeteilt. Aber es handelt sich dabei wahrscheinlich nur um die Folgen der furchtbaren, durch die Schmerzen und die Unfähigkeit zur Aufnahme von Nahrung gesteigerten Aufregung. Man kann nicht sagen, dass eine Bisswut als solche vorhanden ist; auch der kranke Hund wird nicht bissiger, er ist nur leichter reizbar.

525. Von verschiedenen Seiten sind bei den Sektionen der **PASTEUR's Impfung.** kranken Hunde in dem Gehirn und Rückenmark angeblich anatomische Veränderungen gefunden worden, doch sind die Beschreibungen nicht der Art, dass sie auf großes Zutrauen Anspruch machen können. Nichts desto weniger muss man annehmen, dass das Gift auf das Zentralnervensystem wirkt. Nach den Versuchen von PASTEUR ist das Gift besonders in Gehirn und Rückenmark lokalisirt. Derselbe fand, dass man das Gift verimpfen kann nicht nur durch den Speichel, sondern auch durch Rückenmark und Gehirn der kranken Hunde. PASTEUR ließ Kaninchen von einem wütenden Hunde beißen. Wenn das gebissene Tier wütend geworden ist, tötet er es, nimmt das Rückenmark, wäscht es und verteilt es in sterilisirter Fleischbrühe. Bringt man von dieser Masse etwas unter die Dura mater eines andern Tiers, welche durch eine Trepanöffnung bloßgelegt ist, so wird das so geimpfte Tier wutkrank und man kann mit dem Rückenmark desselben wieder auf andre Tiere die Wut übertragen. Er glaubt aber weiter gefunden zu haben, dass wenn man auf diese Weise ein Kaninchen krank gemacht habe und das Rückenmark desselben einer gewissen Behandlung aussetzt, z. B. es 8—14 Tage unter einer Glocke aufhebt, das Wutgift eine Abschwächung erleidet, welche sich besonders durch Verlängerung der Inkubationszeit bei Weiterimpfung äußert. Ist ein solches Rückenmark 12—14 Tage bei mittlerer Zimmertemperatur aufbewahrt gewesen, so soll Impfung damit nicht mehr gefährlich sein. Dafür aber soll es Schutz gewähren gegen neue Infektion. Ja er geht noch weiter. Nicht bloß gegen neue Infektion soll Impfung mit diesem abgeschwächten Wutgift schützen, sondern wenn die Impfung innerhalb des Inkubationsstadiums nach einem Biss geschehe, soll sie den Ausbruch der Krankheit verhindern. Nachdem er diese Untersuchungen an Hunden ausgeführt hatte, begann PASTEUR gebissene Menschen zu impfen. Es ist eine große Zahl von Gebissenen zu ihm gewandert; ein eigenes Institut ist errichtet worden, in welchem jetzt schon

zweitausend Menschen angeblich vor dem sichern Tode gerettet worden sind. Pasteur ist sicherlich ein großer und genialer Mann. Wissenschaft wie Praxis verdanken ihm unendlich viel. In diesem Falle aber glaube ich (und viele denken ebenso) ihm nicht Unrecht zu thun, wenn ich bedauere, dass er sich durch seinen Eifer für die leidende Menschheit hat bestimmen lassen, eine vielleicht segensreiche Entdeckung zu früh in die Praxis einzuführen. Pasteur glaubt, die guten Erfolge seiner Behandlung schon jetzt statistisch bewiesen zu haben. Aber diese Statistik ist noch unzureichend. Unter den Geimpften befinden sich solche, bei welchen die Diagnose nicht mit Sicherheit gestellt war, dass sie auch wirklich von einem wutkranken Hund gebissen worden waren. Ja es ist nicht einmal klar, ob diejenigen, welche nach der Impfung an Wutkrankheit starben, trotz der Impfung krank wurden oder erst durch die Impfung wutkrank wurden.

Prophylaktische Maßregeln.

526. Wir werden also mit einem endgiltigen Urteil über die Möglichkeit einer sichern Schutzimpfung gegen die Tollwut noch zurückhalten müssen, bis genauere Ergebnisse vorliegen. Wir werden auch strenge unterscheiden müssen zwischen einer solchen prophylaktischen Schutzimpfung und einer etwaigen Heilung der schon erfolgten Infektion, eine Unterscheidung, welche nach und nach bei Pasteur im Laufe seiner Untersuchungen ganz verloren gegangen ist. Inzwischen aber werden wir, wie bisher, unsre Bemühungen darauf richten, die Ausbreitung der Hundswut bei Hunden zu verringern. Dass dies glücklicherweise möglich ist, beweist die Statistik, welche zeigt, dass die Zahl der wütenden Hunde und der Gebissenen in verschiedenen Ländern sehr verschieden ist, je nach der Handhabung der Hundepolizei. Die Zahl der in Deutschland vorkommenden Fälle von Hundswut bei Menschen ist, Dank der sorgfältigen Prophylaxe, eine immer geringere geworden; ja die Krankheit ist bei uns jetzt fast ganz unbekannt, während sie in Frankreich nach einer Statistik von Tardieu etwa 24—25 im Jahr beträgt. Wenn es aber möglich ist, die Zahl der Opfer so zu verringern, so ist damit mehr genützt, als durch alle Maßregeln, die erst nachträglich wirken.

Wodurch kann man aber die Wutkrankheit der Hunde verringern? Einfach durch sorgfältige Überwachung der Hunde, denn die Krankheit tritt nachweisbar meist bei vernachlässigten, dagegen selten bei gut gepflegten Hunden auf. Deshalb ist eine Maßregel sehr wirksam, nämlich die Hundesteuer. Es werden durch sie der herrenlosen Hunde weniger, und so wirkt die Steuer indirekt hygienisch. Wenn aber trotz alledem ein Hund krank wird, ist die größtmöglichste

Sorgfalt in seiner Behandlung nötig. Es ist nicht erlaubt einen solchen Hund sofort zu töten, besonders wenn er einen Menschen gebissen hat. Im Gegenteil dann ist es erst recht von Wichtigkeit den Hund am Leben zu erhalten, um zu konstatiren, ob er wutkrank ist, oder nicht. Denn wenn er es nicht war, so ist es für den Gebissenen eine große Beruhigung, während derselbe andrerseits nach Tötung des Hundes nur allein in Folge der fortdauernden Furcht vor dem Ausbruch der Krankheit krank werden kann. Deshalb muss jeder wutverdächtige Hund, welcher einen Menschen oder ein Tier gebissen hat, eingesperrt und einer sorgfältigen Beobachtung unterzogen werden. Stirbt er, dann kann man sich die PASTEUR'sche Entdeckung zu nutze machen und durch Impfung mit seinem Rückenmarck feststellen, ob er wutkrank war.

Wenn aber ein Fall von Hundswut festgestellt ist, so muss in dem ganzen Bezirk die Hundesperre angeordnet werden. Alle Hunde müssen entweder an Ketten gelegt oder in Käfige gesperrt werden oder dürfen nur an der Leine ausgeführt werden. Außerdem muss zur Verhinderung des Beißens jeder Hund einen Maulkorb tragen. Ob man das letztere, auch abgesehen von der Hundswut, als ständige Maßregel einführen soll, darüber sind die Meinungen geteilt; schaden kann es aber keineswegs. Ist aber ein Mensch gebissen worden, so ist es vor allen Dingen notwendig, womöglich die Resorption des Giftes von der Wunde aus zu verhindern. Das gelingt, wenn die Behandlung schnell nach dem Biss eintreten kann, besonders wenn der Biss an einer Extremität erfolgt ist. Zu diesem Zweck muss man oberhalb der Wunde eine feste Umschnürung ausführen, um die Zirkulation zu beschränken, und dann die Wunde gründlich ausbrennen, um das noch in der Wunde vorhandene Gift zu zerstören, entweder durch gründliche Anwendung des Glüheisens oder eines chemisch kauterisirenden Mittels. Ist die Wunde an andrer Stelle, wo die Umschnürung nicht möglich ist, so muss man sich auf die Ätzung allein verlassen, wozu man noch Pressen und Kneten der Umgebung, sowie fleißiges Waschen der Wunde hinzufügen muss, kurz alles, was die Entfernung des Gifts befördern und die Resorption verhindern kann.

Sechsundfünfzigste Vorlesung.

Noch weitere Infektionskrankheiten. Krankenhäuser.

Malariakrankheiten. — Wesen des Malariagifts. — Trockenlegung des Bodens. — Pest, Meningitis, Pneumonie. — Tuberkulose. — Aktinomykose. — Wundkrankheiten. — Akzidentelle Wundkrankheiten. — Krankenhäuser. — Pavillons und Baracken. — Ventilation. — Vernichtung der Krankheitskeime.

Malariakrankheiten.

527. Bei keiner andern Gruppe von Infektionskrankheiten ist die Abhängigkeit vom Boden so deutlich nachweisbar, als bei den Malariakrankheiten. Charakteristisch für dieselben, obgleich nicht immer in gleicher Weise deutlich ausgesprochen, ist die regelmäßige Intermittenz der Krankheit, daher der Name Intermittens, Wechselfieber, für die einfachste, typische Form derselben.

Die Malariakrankheiten treten in vielen Gegenden endemisch, in andern sporadisch auf. Sie sind niemals kontagiös. Der einmal von Malaria Befallene erlangt dadurch keine Immunität, im Gegenteil es wird durch die überstandene Infektion die Disposition zu erneuter Erkrankung noch gesteigert.

Der Boden, auf welchem Malaria am leichtesten entsteht, ist der Sumpfboden. Besonders geeignet zur Erzeugung des Malariagifts ist Boden, welcher zeitweise unter Wasser gesetzt wird, und die Krankheit entwickelt sich am meisten, wenn das Wasser wieder abnimmt und der nasse Boden stark erwärmt wird. Auch hochgelegene und oberflächlich trockne Bodenarten sind zuweilen Malariastätten, ohne dass man genau festzustellen vermag, worin der Grund dieser Ausnahme von der sonst geltenden Regel liegt. Wir finden deshalb die verschiedenen Malariakrankheiten in den Niederungen der Flussthäler, besonders aber an den Mündungen der Küstenströme, im Gebiet der Aestuarien, wo das Süßwasser sich mit dem Meerwasser mischt. Zu den hauptsächlichsten Malariagegenden Deutschlands gehören die Marschen und Polderbildungen der Nordsee, die Deltabildungen der Flussmündungen, die Sümpfe und Moore der Niederungen. Indem die Ströme bei ihrer Einmündung ins Meer große Massen von Schlamm weit hinausschleppen, welche dann im ruhigen

Wasser sich zu Boden senken, legen sich vor die Mündung Barren, das Wasser kann sich nicht mehr ordentlich ins Meer ergießen und muss sich durch diese Schmutzmassen drängen, so dass es in einzelnen dünnen Rinnsalen in das Meer sich ergießt. Das angeschwemmte Land erstreckt sich immer weiter und weiter, so dass eine dreieckige Landzunge entsteht. Wenn diese Deltabildungen mächtiger werden, so kann es vorkommen, dass einzelne der Nebenströmungen ganz und gar versanden und der Strom sich ein neues Bett bildet, wo dann die Deltabildung von neuem beginnt. So sind an der Nordwestküste von Deutschland und bei Holland, die Marschen und Polder entstanden, welche dann durch Deiche eingefasst Niederungen bilden, die zuweilen niedriger liegen als das Niveau des Meeres. Dieselben werden durch Schleusen und Pumpen künstlich entwässert, bleiben aber immer feucht und deshalb auch sehr fruchtbar. Hier findet man das Wechselfieber, die *Febris intermittens*, welches ausgezeichnet ist durch die regelmäßige Abwechselung der Fieberanfälle mit dazwischen liegenden Gesundheitspausen. Man unterscheidet je nach der Länge dieser Pausen eine *Febris quotidiana*, *tertiana*, *quartana* etc. Außerdem kommen unregelmäßige Erscheinungsformen vor, welche als *Intermittens larvata*, und besonders schwere Formen, welche als perniziöse Wechselfieber bezeichnet werden. Nach längerem Bestand gehen die Intermittensformen in die dauernde Malaria-Kachexie über. Das früher zu den Malariakrankheiten gerechnete gelbe Fieber, welches kontagiös ist, gehört nicht zu denselben. Auch die italienische Campagna, die früher sehr fruchtbar war, ist durch Vernachlässigung jetzt zu einem Malariaheerd geworden, der die Leute zwingt, in der heißen Jahreszeit auszuwandern. An den Küsten der Tropenländer tritt die Malaria gewöhnlich in schlimmeren Formen auf, welche durch die Komplikationen mit Erkrankungen der Leber ausgezeichnet sind.

528. Die Untersuchungen über die Malaria sind besonders in den letzten 15 Jahren durch Tommasi-Crudeli in Rom, zum Teil in Gemeinschaft mit Klebs ausgeführt worden. Indem sie die Malariagegenden untersuchten, konnten sie sowohl in der Erde wie in den untersten Luftschichten derselben einen eigentümlichen Malariabazillus nachweisen, der auch, wie es scheint, auf Tiere verpflanzt Erscheinungen ähnlich der Malaria erzeugt. Mit Sicherheit können wir aber diesen Bazillus noch nicht als die eigentliche Ursache der Malaria ansehen, da es nicht gelungen ist, ihn bei den Malariakranken aufzufinden. Dahingegen sollen in dem Blute der letztern innerhalb

Wesen de Malariagif

der Blutkörperchen eigentümliche Gebilde, die sogenannten Plasmodien der Malaria vorkommen, welche von ihren Entdeckern, Marchiafava und Celli, nicht zu den Bakterien, sondern zu den Myzetozoen gerechnet und als die eigentlichen Krankheitserreger angesehen werden. Soviel aber kann als sicher angesehen werden, dass durch Impfung mit dem Blute Malariakranker andre Menschen Malaria bekommen können. Wenn man Tiere impft, so werden sie zwar krank, aber die Symptome sind nicht so ähnlich den beim Menschen bekannten, dass wir mit Sicherheit sagen können, es sei dieselbe Krankheit. Manche Tiere sind oft für bestimmte Vergiftungen gar nicht empfänglich. Dieser Umstand erschwert bei allen Infektionskrankheiten die Untersuchung sehr, und da es vom Zufall abhängt, ob ein Tier, welches wir benutzen, auch wirklich für diese Krankheit empfänglich ist, so ist eine bestimmte Aussage nicht immer möglich.

Wie ich schon an einer frühern Stelle (§ 112) bemerkt habe, kann das Malariagift von dem Ort seines Entstehens durch Winde verweht werden, während es in eingeschlossenen Thalkesseln oder in dichten Urwäldern, wo die Luft stagnirt, sich in größerer Menge ansammelt und darum gefährlicher wird. Es wird auch behauptet, dass es sich immer nur in den untern Luftschichten befinde und nicht hoch aufsteige, sodass es geraten sei, in Malariagegenden nicht nahe dem Erdboden, sondern in den obern Stockwerken oder in den Urwäldern in den Baumzweigen sein Lager aufzuschlagen. Das Malariagift wirkt ferner am Abend und während der Nacht stärker als am Tage, weshalb man sumpfige Gegenden, feuchte Uferwiesen u. d. g. abends und nachts besonders meiden muss.

Auf welche Weise das Malariagift in den Körper des Menschen eindringt, ist vollkommen unbekannt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass es mit der Luft eingeatmet wird. Vielleicht gelangt es aber auch mit dem Trinkwasser in den Menschen. Da es nicht ansteckend ist, so können wir annehmen, dass die einmal in den Körper eingedrungenen Krankheitskeime denselben nicht, wie bei Typhus und Cholera mit den Dejektionen oder wie bei den Exanthemen mit den Hautabschürfungen, sondern entweder gar nicht oder doch in ganz ungefährlicher Form verlassen.

Trockenlegung des Bodens.

529. Was wir gegen die Malaria thun können, dessen sind wir uns klar. Wenn wir den Boden entwässern, so verschwindet die Malaria. Wo das möglich ist, ist es die sicherste Art der Bekämpfung. Es war eine der letzten Ideen Garibaldi's, die Mittel aufzubringen, die römische Campagna wieder in einen gesunden Landstrich zu verwandeln.

Er ist darüber gestorben. Im kleinern Maßstab ist aber die Trockenlegung von Fiebergegenden mit Erfolg durchgeführt worden. In Holland hat die Malaria schon abgenommen nur durch Verbesserung der Entwässerung, ebenso an vielen Stellen der deutschen Küste. In den Städten haben wir in der Kanalisirung, welche ja auch eine Trockenlegung des Bodens bewirkt, Abnahme der Wechselfieber erzielen können und endlich ist sehr viel zu erwarten in Bezug auf die Niederungen und Moorgegenden von den Fortschritten der Moorkultur, welche jetzt bei uns mit größerer Energie betrieben wird und sowohl in landwirtschaftlichem wie hygienischem Interesse geboten ist. Solche Gegenden existiren noch viele besonders im nordwestlichen Deutschland, aber auch in Pommern, Brandenburg und in Bayern, wo große Moore als die Reste alter Seebecken am Fuße der Alpen gefunden werden. Diese Ländereien werden in neurer Zeit kultivirt, indem man die Torfdecke, welche sich oben gebildet hat, aussticht und Gräben durch das Terrain zieht, welche das Wasser durch passende Schleusenvorrichtungen abführen.

Man hat auch empfohlen, in Fiebergegenden den Boden dadurch auszutrocknen, dass man schnell wachsende und dem Boden viel Wasser entziehende Pflanzen anpflanzt. Namentlich der *Eucalyptus globulus* wurde zu diesem Zwecke empfohlen, weil man beobachtet zu haben glaubte, dass in der Heimat dieses zu den Myrtaceen gehörigen Baums (Südafrika, Algerien) die mit Eucalyptuspflanzungen bestandenen Stellen frei von Malaria bleiben. Bei uns kann der Eucalyptus im Freien nicht überwintern. In Italien hat man jedoch von den Anpflanzungen keinen durchgreifenden Erfolg gesehen. Dass die stark riechenden Exhalationen des Baums, welche von einem ätherischen Öl (Eucalyptol) herrühren, irgend eine antifibrile Wirkung haben, ist nicht anzunehmen.

530. Es ist nicht meine Absicht, alle einzelnen Infektionskrankheiten zu besprechen; ich muss Sie deswegen auf die Lehrbücher der Pathologie verweisen. Ich will nur noch einige kurz erwähnen und daran einzelne Bemerkungen knüpfen. Manche Infektionskrankheiten sind entschieden seltner geworden, als sie früher waren. Wir würden daraus die tröstliche Zuversicht schöpfen können, dass mit den Fortschritten der Kultur diese Krankheiten ganz verschwinden werden, wenn nicht andrerseits die Geschichte der Medizin uns lehrte, dass auch neue, früher unbekannte Krankheiten an ihre Stelle treten. Dennoch ist so viel sicher, dass die Gesamtsterblichkeit jetzt geringer ist, als sie früher war.

Pest, Meningitis, Pneumonie.

Ich erinnere des Beispiels wegen an die Pest, welche in Europa

früher sehr gewütet hat, aber jetzt kaum noch dem Namen nach bekannt ist und nur in unser Gedächtnis zurückgerufen wurde durch ihr erneutes, glücklicher Weise aber mildes Auftreten vor einigen Jahren im Osten Russlands. Eine neue Infektionskrankheit ist dagegen die *Meningitis basilaris epidemica*, die erst seit dem Anfang dieses Jahrhunderts bekannt ist. In Deutschland ist sie erst seit dem Jahre 1863 häufiger aufgetreten. Im Frühling 1864 sah ich sie bei den Soldaten, welche die Düppeler Schanzen belagerten. Die Krankheit ist nicht kontagiös. Sie tritt zuweilen endemisch in einzelnen Gebäuden (Kasernen, Arbeitshäusern) auf. Ihre Ursache ist uns vollkommen unbekannt. Man hat zwar eigentümliche Mikroben (Meningokokkus von Foa und Bordoni) in dem eitrigen Meningealexsudat, im Blut, im Harn, in der Milch und den Fäzes nachgewiesen und hat die Vermutung ausgesprochen, dass sie durch die Löcher der Siebbeinplatte in die Schädelhöhle gelangen. Doch ist es bis jetzt noch durchaus nicht bewiesen, dass jene Kokken die wirkliche Ursache der Krankheit sind.

Eine Infektionskrankheit ist unzweifelhaft auch die genuine oder krupöse Pneumonie (im Gegensatz zu der katarrhalischen oder Bronchopneumonie, welche sich von den Bronchen auf das Lungengewebe fortpflanzt). Auch bei ihr hat man Mikroben gefunden; doch sind die Befunde noch zweifelhaft. Friedlaender hat einen „Kapselkokkus“ beschrieben, welchen andre jedoch für einen Bazillus erklären. Er fand ihn im Alveolarsaft und im erkrankten Lungengewebe und konnte ihn in Gelatine züchten, wobei er sich durch sein eigentümliches Wachstum kenntlich macht, indem die Kolonie die Form eines kurzen, dickköpfigen Nagels zeigt. Ihren Namen haben sie davon, dass die Zellmembran des Bazillus zu einer dickwandigen Kapsel anschwillt, was übrigens auch bei andern Bakterien vorkommt. Doch ist die spezifische Natur dieses Pneumoniebazillus nicht erwiesen, da er erstens nicht bei allen genuinen Pneumonieen aufgefunden werden konnte und da zweitens seine Impfung auf Tiere keine Pneumonie bewirkt. Einen andern Mikroben hält A. Fraenkel für den eigentlichen Pneumonieerreger, einen gewöhnlich paarweise vorkommenden Bazillus (Fraenkel nennt ihn Diplokokkus, doch hat er Stäbchenform), welcher im pneumonischen Sputum und im hepatisirten Lungengewebe vorkommt. Er ist gleichfalls von einer Kapsel umschlossen. Auch die Bedeutung dieses Fraenkel'schen Bazillus für die Pneumonie ist mehr als zweifelhaft. Er kommt nicht bei allen Pneumonieen und er kommt auch bei andern Krankheiten,

ja auch bei Gesunden vor. Er ist sehr virulent und tötet, unter die Haut gebracht, Kaninchen schnell, aber es entsteht keine Pneumonie.

Wenn wir trotzdem die Pneumonie für eine Infektionskrankheit halten, so berechtigt uns dazu die Art ihres Auftretens, ihrer Verbreitung, ihres Verlaufs. In der That war diese Auffassung schon vor dem Nachweis der Bakterien als Krankheitserreger unter den Klinikern verbreitet.

Ganz ähnlich steht es mit der Diphtherie, bei der noch die unläugbare starke Kontagiosität und das damit verbundne epidemische Auftreten die Auffassung unterstützen. Es kommen innerhalb der diphtheritischen Pseudomembranen viele Mikroben vor, neuerdings hat jedoch Löffler einen Bazillus gefunden, welcher vielleicht nähere Beziehungen zu der Krankheit hat.

531. Wohl bei keiner andern Krankheit aber sind die Gründe für die Annahme eines spezifischen Krankheitserregers in Gestalt eines bestimmten, gut charakterisirten Mikroben so schlagend als bei der Tuberkulose. Nachdem Villemin (1865) und nach ihm Cohnheim unzweifelhaft dargethan hatten, dass man durch Impfung mit tuberkulösem Gewebe die Krankheit auf gesunde Tiere übertragen könne, wies Robert Koch (1882) nach: 1) dass überall in tuberkulösem Gewebe ein spezifischer Mikrobe, der Tuberkelbazillus, vorkomme; 2) dass man diesen Bazillus künstlich züchten und 3) dass man durch seine Übertragung auf gesunde Tiere dieselben tuberkulös machen könne. Diese Koch'sche Arbeit ist der Ausgangspunkt der ganzen jetzigen Lehre von den pathogenen Bakterien geworden, denn in ihr sind die allein den Erfolg der Untersuchung sichernden Methoden, die Anwendung der festen Nährböden, die Färbungsmethoden u. s. w. in seltener Vollendung zuerst zu einer systematischen Verwendung gekommen. Tuberkulose

Der Tuberkelbazillus stellt schlanke Stäbchen von etwa 5 μ Länge vor, welche meist etwas gekrümmt sind, keine Eigenbewegungen zeigen, meist einzeln, seltner zu zweien, zuweilen auch zu 5—6 zu einem Faden vereinigt vorkommen. Man findet sie im Sputum der Tuberkulösen, wo sie die sicherste Diagnose dieser Krankheit ermöglichen, innerhalb und zum Teil auch in der Umgebung der Riesenzellen des charakteristischen Tuberkelknötchens. Außer bei der Tuberkulose findet man diese Bazillen nur noch bei der unter dem Namen Lupus bekannten Hautkrankheit; es ist aber bewiesen, dass dieselbe zur Tuberkulose in naher Beziehung steht.

Man kann den Tuberkelbazillus auch außerhalb des Tierkörpers,

aber nur auf Blutserum züchten und nur bei Temperaturen zwischen 30 und 42°. Am besten gedeiht er bei 37,5° also genau bei Blutwärme. Er bildet sehr leicht Dauersporen, welche Austrocknung, hohe Hitzegrade, Einwirkung von chemischen Agentien, die Bakterien sonst töten (z. B. des sauren Magensafts) vertragen. Diese Resistenz und der Umstand, dass die Sporen im Sputum leicht entstehen, sind für das Verständnis der Übertragung der Tuberkulose von großer Wichtigkeit.

Sehr charakteristisch ist das Verhalten der Tuberkelbazillen gegen Farbstoffe, was ihren Nachweis erleichtert. Man färbt sie am besten nach der Methode von Koch-Ehrlich indem man zu einer wässrigen Lösung von Anilinöl den Farbstoff (Gentianaviolett oder Fuchsin) zufügt und auf dieser Mischung das Deckglas, auf welchem das Präparat angetrocknet ist, schwimmen lässt. Nach 12—24 Stunden entfärbt man durch Eintauchen in Salpetersäure von 20—30%, und Auswaschen in Alkohol, wobei die Bazillen gefärbt bleiben. Wenn man die so zubereiteten Präparate noch einer Gegenfärbung in Mythylenblau bzw. Bismarckbraun unterwirft, so sind die Bazillen noch besser zu sehen.

Impft man Reinkulturen des Tuberkelbazillus auf Tiere, so erhält man an der Applikationsstelle örtliche Tuberkulose, und von dort aus verbreitet sich der Prozess weiter. Bringt man die Bazillen mit Nahrungsmitteln in den Magen, so entsteht Darmtuberkulose; lässt man sie verstäubt einatmen, so bekommt man Lungentuberkulose; gelangen sie auf irgend eine Weise ins Blut, so bekommt man Miliartuberkulose; bringt man sie in die Bauchhöhle, so erzeugt man eine akute tuberkulöse Peritonitis.

Es ist nach dieser genauen Kenntnis des Tuberkelbazillus nicht schwer zu sagen, auf welche Weise die Übertragung der Tuberkulose bei den Menschen zu Stande kommt. Der Tuberkelbazillus ist ein ächter Parasit. Er kann außerhalb des Tierkörpers nur in der Form der Dauersporen am Leben bleiben. Da aber in den Sputis der Schwindsüchtigen Dauersporen vorkommen, so werden diese beim Eintrocknen der Sputa als Stäubchen in die Luft gelangen und von andern Menschen eingeatmet werden. Daraus erklärt es sich, warum die Kranken gerade vorzugsweise ihre nächste Umgebung anstecken, warum z. B. die Tuberkulose so oft von einem Ehegatten auf den andern übergeht oder von Eltern auf Kinder, was man sonst als Vererbung aufzufassen pflegte.

Aus dieser Erkenntnis folgt aber auch, was wir zu thun haben, um der Krankheit Einhalt zu thun. Wir dürfen die Sputa nicht so sorglos behandeln wie bisher; wir müssen die in ihnen enthaltenen Keime zu zerstören suchen. Das ist freilich nicht immer leicht, aber viel kann doch geschehen.

Da aber die Tuberkulose auch bei Tieren vorkommt, und namentlich von perlsüchtigen Kühen mit der Milch verschleppt werden kann (vgl. § 322), so ist neben dem Abkochen der Milch auch die Bekämpfung der Krankheitsausbreitung unter den Tieren für den Menschen von der größten Wichtigkeit.

532. Zum Schluss dieser kurzen Übersicht will ich noch einer parasitären Krankheit erwähnen, welche ich auch schon bei den Zoonosen hätte aufführen können. Beim Rind und beim Schwein findet man eine hauptsächlich an den Kiefern und der Zunge in Form von Geschwülsten auftretende Krankheit, welche von dem sogenannten Strahlenpilz, *Actinomyces*, herrührt. Israel, Ponfick u. a. haben ihn auch beim Menschen aufgefunden; man nennt die von ihm erzeugte Krankheit deshalb Aktinomykose. Über die Natur des Strahlenpilzes ist man noch unklar. Man rechnete ihn bisher zu den eigentlichen Pilzen oder Fadenpilzen, zu denen u. a. auch die Schimmelpilze gehören, einer viel höher organisirten Abteilung als die Spaltpilze. Nach einer neueren Mitteilung von Boström ist es aber möglich, dass er doch zu den Bakterien gehört. Aktinokose.

Die Aktinomykose veranlasst beim Menschen keine Geschwülste, sondern die durch die Parasiten erzeugten Granulationen zerfallen fettig, vereitern, es entstehen Fistelgänge, welche sich weithin verzweigen und alle Gewebe durchsetzen, in das Herz, die Lungen, die Baucheingeweide, das Gehirn eindringen, in den Gefäßen Wucherungen und dadurch Metastasen an entfernten Stellen veranlassen. Der Verlauf der Krankheit ist meistens ein schleichender; die Symptome wechseln sehr je nach den ergriffenen Organen. Kommt es frühzeitig zur Abszessbildung nach außen, so ist die Heilung nicht schwierig. Der Weg, auf welchem der Strahlenpilz übertragen wird, ist vollkommen unbekannt; es ist nicht einmal mit Sicherheit bewiesen, dass der Actinomyces des Menschen und der der Tiere identisch sind.

533. Von besondrer hygienischer Bedeutung sind die Wundkrankheiten zu welchen wir die Eiterbildung, die Pyämie und Septämie, das Erysipel und den Tetanus rechnen. Während man früher die Eiterung als den normalen Vorgang der Wundheilung ansah und die sogenannte Heilung per primam intentionem Wundkrankheiten.

als Ausnahme betrachtete, wissen wir jetzt, dass die Eiterbildung eine Wirkung von Mikroorganismen ist und durch passende Wundbehandlung vermieden werden kann. Ich brauche mich bei der Besprechung der modernen Wundbehandlungsmethoden nicht aufzuhalten, da sie Ihnen geläufig genug ist. Ich will nur kurz erwähnen, dass der häufigste Erreger der Eiterung der *Staphylococcus pyogenes aureus* ist, welchen man im Eiter fast immer findet und dessen Übertragung regelmäßig Eiterung hervorruft. Wichtig ist, dass man auch durch Einreiben desselben in die unversehrte Haut Karbunkel erzeugt hat. Wahrscheinlich wurde dabei der Pilz durch die Drüsenausführungsgänge aufgenommen.

Bei der außerordentlichen Verbreitung der Fäulnisbakterien ist es kein Wunder, dass in Wunden oft auch Zersetzungen auftreten, welche durch Aufnahme der Pilze in den Organismus oder durch Resorption der Fäulnisprodukte die verschiedenen Formen der Pyämie und Septämie hervorrufen. Zu diesen müssen wir auch das Puerperalfieber rechnen, bei welchen die Verwundung der Genitalien die Eingangspforte für die verderbenbringenden organischen Keime abgibt.

Es ist aber nicht sowohl die Luft, welche diese Keime führt und in den Wunden ablagert, obgleich dies in einzelnen Fällen wohl vorkommt, sondern es ist vielmehr der Mensch, welcher in seiner Unachtsamkeit die Verschleppung bewirkt. So beschämend es auch sein mag, wir können uns nicht das offene Geständnis ersparen, dass die Ärzte und ihre Gehilfen, Krankenwärter, Hebammen u. s. w. oft genug die Ursache schwerer Erkrankung denen, zu deren Hilfe sie bestimmt waren, erst von Leichen oder von andern Kranken gebracht haben.

Wenn wir bedenken, wie oft wohl Ärzte unmittelbar von einer Sektion, wo sie mit septischen Stoffen zu thun hatten, zu Kranken gegangen, diese untersucht und mit den an Händen oder Kleidern haftenden Infektionskeimen angesteckt haben, so müssen wir es als einen der größten Fortschritte ansehen, dass uns endlich die Augen aufgegangen sind über das verderbliche dieses Treibens, und es muss daher die oberste Regel sein, welche man dem jungen Arzte für seine Thätigkeit nicht eindringlich genug einschärfen kann, keine Vorsicht zu verabsäumen, welche Sicherheit vor solchen Infektionen zu gewähren vermag.

Wir wissen nicht, wo alle die Keime der Infektionskrankheiten herkommen, welche so unzählige Opfer gefordert haben und auch jetzt noch fordern. Das aber wissen wir, dass die aseptische Wund-

behandlung und die größere Vorsicht, welche die Ärzte jetzt gebrauchen, die Sterblichkeit an Infektionskrankheiten schon sehr erheblich herabgesetzt hat. Und das muss uns ein Sporn sein, noch besser als bisher die Bedingungen zu erforschen, welche die Infektion bewirken, um ihr entgegenarbeiten zu können.

Akzidentel Wundkrank heiten.

534. Ebenso wie die Eiterung und die Sepsis werden aber auch die sogenannten akzidentellen Wundkrankheiten durch Mikroorganismen erzeugt. Die Ursache des Erysipels ist in dem Streptokokkus von Fehleisen nachgewiesen worden. Ebenso wird der Tetanus von einem eignen Bazillus hervorgerufen. Wenn wir neben dem Wunderysipel und dem Wundtetanus noch von idiopathischem Erysipel oder Tetanus sprechen, so heißt das nur, dass es Fälle gibt, in denen das Eindringen der Mikroben durch eine Wunde nicht nachgewiesen werden kann, vielleicht weil dieselbe sehr klein oder sehr versteckt ist, oder weil die Aufnahme der Mikroben auch noch auf andere Weise geschehen kann. Dasselbe gilt auch von der scheinbar spontan, d. h. nicht im Anschluss an eine nachweisbare Verwundung auftretenden Pyämie und Septämie.

Wenn es aber unzweifelhaft ist, dass alle diese Krankheiten auf Infektion beruhen, so folgt auch, dass ganz besonders bei Verwundungen die Übertragung leicht erfolgen kann wegen der zum Anhaften und Eindringen der Schädlichkeiten so günstigen Bedingungen. Wir wissen ja, dass für die Infektion durch die meisten Ansteckungsstoffe eine Verletzung der Haut oder Schleimhäute unbedingte Vorbedingung ist. Wo diese schon gegeben ist, fehlt eines der wirksamsten Schutzmittel. Verwundete sind also immer mit besondrer Sorgfalt vor allem, was sie infiziren könnte, zu schützen. Es gibt auch Infektionen, welche dieser Vorbedingung nicht bedürfen. Jedenfalls ist aber jeder Kranke, welcher an einer Infektionskrankheit leidet, eine Quelle infektiöser Stoffe, welche von ihm ausgehen und wieder andre Menschen infiziren können. Daraus folgt nun unmittelbar, dass ganz besonders in Krankenhäusern Vorsichtsmaßregeln getroffen werden müssen, um die Verbreitung und Übertragung von Infektionsstoffen zu verhüten. Dies veranlasst mich, an die Besprechung der Infektionskrankheiten noch einige Bemerkungen über die Hygiene der Krankenhäuser zur Ergänzung dessen, was ich schon bei früheren Gelegenheiten gesagt habe, anzuknüpfen.

Es ist ganz unbestreitbar, dass die Krankenhäuser früher vielfach Brutstätten gefährlicher Krankheiten waren, und dass mancher, der mit einer leichten, ungefährlichen Krankheit hineinkam, dort

erst die tötliche Krankheit sich zuzog. Das noch jetzt nicht ausgerottete Vorurteil gegen die Krankenhäuser war bis vor kurzem noch gar sehr gerechtfertigt. Namentlich die Gebärhäuser und die chirurgischen Abteilungen der Krankenhäuser haben durch Wundinfektion manches Menschenleben vernichtet. Mit der Erkenntnis der Natur der Infektionskrankheiten haben wir auch gelernt, wie ein Krankenhaus eingerichtet und in welcher Weise es geleitet sein muss, um solche Schäden zu vermeiden.

Heutzutage kommt es glücklicher Weise nicht mehr vor, dass der Arzt oder Wärter von einem Verwundeten zum andern gehend mit demselben Schwamm alle Wunden hintereinander „reinigt" und sie dabei unabsichtlich auf das schlimmste verunreinigt d. h. die Infektionsstoffe erst auf sie überträgt. Die peinliche Gewissenhaftigkeit, welche in der Wundbehandlung so große Erfolge erzielt hat, muss aber auch auf die Behandlung aller Kranken übertragen werden. Man kann in dieser Richtung nicht leicht zu viel thun. Jedenfalls schadet es weniger, wenn man etwas Überflüssiges thut, als wenn man etwas Notwendiges vernachlässigt.

Krankenhäuser.

535. Krankenhäuser wurden anfangs wohl nur eingerichtet mit dem ausgesprochenen Zweck, Aussätzige und andre mit ansteckenden Krankheiten Behaftete aufzunehmen; daneben sollten sie auch wohl den armen Kranken eine Zuflucht gewähren. Diesen doppelten Zwecken dienen sie auch jetzt noch. Bei der vergrößerten Volkszahl ist aber das Bedürfnis gewachsen, und so hat man sich vielfach veranlasst gesehen, alte Gebäude, Klöster u. dgl. für Krankenzwecke einzurichten, welche nicht immer für dieselben geeignet waren. Als man anfing, eigne Häuser zu bauen, nahm man der Raumersparnis wegen jene alten Bauten zum Muster. So entstanden die großen Spitäler mit ihren vielen Flügeln und zwischen diesen eingeschlossenen Höfen, wie man sie in zum teil ganz riesigen Dimensionen in alten Städten antrifft. Später kam man zu der Erkenntnis, dass die Sterblichkeit in diesen Häusern eine viel größere war als in kleinern Anstalten bei den gleichen Krankheiten, und man begann, um der Luft und dem Licht, welchen man einen günstigen Einfluss auf den Krankheitsverlauf zuschrieb, bessern Zutritt zu gewähren, den Krankenhäusern eine langgestreckte Form mit einem langen Korridor auf der einen und eine Reihe von Krankenzimmern auf der andren Seite zu geben; fügte auch wohl an beiden Enden des langen Gebäudes kurze Querflügel an, so dass die Form eines H entstand. Als aber im nordamerikanischen Sezessionskriege die große Zahl der Ver-

wundeten schleunige Unterbringung in schnell errichteten hölzernen Bauten von geringer Ausdehnung notwendig machte und man sah, dass die Erfolge der Wundbehandlung in diesen kleinern Bauten auffallend günstige waren, kam man auf den Gedanken, diese Bauart auch für ständige Krankenhäuser in Anwendung zu ziehen. Aus diesen Bestrebungen ist das neuere Krankenhaus entstanden, welches man im Gegensatz zu dem geschlossenen Krankenhaus der frühern Zeit als das System der zerstreuten Bauten bezeichnen kann.

536. Ein solches neueres Krankenhaus besteht daher aus einer Anzahl kleinerer, nahe zusammen liegender Gebäude, welche man als Pavillons oder, wenn sie einfacher, z. B. aus Holz oder aus Fachwerk gebaut sind, als Baracken bezeichnet. Man kann eine größere Zahl solcher Einzelbauten zu einem größern Krankenhause vereinigen, indem man noch ein Gebäude für die Verwaltung, ein Haus für chirurgische Operationen, ein Leichenhaus u. s. w. hinzufügt. Jeder dieser getrennten Pavillons besteht im wesentlichen aus einem einzigen großen Krankensaal, der in der Regel für 24—36 Kranke berechnet ist, und den nötigen Nebenräumen. Im städtischen Krankenhause im Friedrichshain zu Berlin z. B., welches als Muster eines modernen Krankenhauses gelten kann, ist vor dem Krankensaal, zu beiden Seiten des Eingangs, ein Raum für den Krankenwärter, eine Theeküche und ein oder auch zwei Isolirzimmer für Kranke, welche besondrer Ruhe bedürfen oder welche durch ihre eigne Unruhe die andern Kranken stören würden, abgetrennt. Dann folgt der Hauptkrankensaal und hinter diesem wieder Isolirzimmer und Baderäume, dann der sogenannte Tagesraum d. h. ein Raum, in welchem sich Kranke, die nicht unbedingt das Bett hüten müssen, während des Tages aufhalten können. Diese Einrichtung ist sehr zu empfehlen, weil dadurch die andern Kranken weniger gestört und belästigt werden und die Luft in dem Krankensaal weniger verdorben wird. Anch schließt sich an diesen Tagesraum sehr zweckmäßigerweise eine Veranda an, welche bei gutem Wetter geöffnet werden und aus der man in den Garten gelangen kann.

Pavillons und Baracken.

Es ist sehr zu empfehlen, die einzelnen Pavillons in einem Park oder Garten zu verteilen und zwischen ihnen Gartenanlagen mit Spazirwegen u. s. w. anzulegen. Dass ein Krankenhaus entfernt von dem Lärm und Staub des Straßengetriebes sein sollte, versteht sich ja von selbst. Es müssen aber auch die einzelnen Pavillons in gehörigen Abständen von einander errichtet werden, um der Luft und

dem Licht genügenden Zutritt zu den einzelnen Räumen zu gewähren. Eine allgemein giltige Regel für diese Entfernungen lässt sich nicht aufstellen, da keine hinreichenden Erfahrungen vorliegen, welche darüber belehren, ob die eine oder andre Entfernung günstiger wirkt. Ebenso halte ich es für noch nicht ausgemacht, ob die Verbindung der einzelnen Pavillons untereinander und mit dem Verwaltungsgebäude durch geschlossene oder offene, nur überdachte Gänge zu empfehlen ist.

Als eine unerlässliche Forderung muss bei der Wahl des Bauplatzes für ein Krankenhaus Trockenheit des Bodens gelten. Wenn ein tadelloses Terrain nicht zu haben ist, wird man jedenfalls versuchen müssen, dasselbe durch Drainirung trocken zu legen. So unsicher auch noch unsre Kenntnisse über die Art, wie der Boden auf den Menschen einwirkt, sein mögen, soviel wissen wir, dass ein Zusammenhang besteht, und das müssen wir beherzigen. Aus demselben Grunde ist es auch ganz unbedingt geboten, dass die Krankenräume vom Boden isolirt sein müssen. Bei den Pavillons geschieht das durch Unterkellerung, zumal die Kellerräume für die Heizungs- und Ventilationsanlagen zweckmäßige Verwendung finden; bei Baracken ist es am vorteilhaftesten, den Fußboden auf mindestens 1 m hohen gemauerten Pfeilern über dem Erdboden zu legen.

In jedem Krankenhause müssen für alle an Infektionskrankheiten, namentlich aber für die an kontagiösen Krankheiten Leidenden besondre, von den übrigen entfernt liegende Pavillons oder Baracken vorhanden sein. Bei den letztern ist außerdem noch darauf zu sehen, dass sie eignes ärztliches und Wärterpersonal haben, welches mit den übrigen Kranken in keine Berührung kommt.

Für Desinfektion aller Abfälle ist besonders Sorge zu tragen. Die Sputa von Tuberkulösen, die Dejektionen von Typhus- oder Cholerakranken, das Verbandmaterial von allen Wunden sind ja immer mit den krankheitserregenden Keimen infizirt. Aber auch alle nicht eigentlich infektiösen Stoffe, sofern sie organischer Natur und der Zersetzung zugänglich sind, können den Nährboden für Krankheitskeime abgeben. Je vorsichtiger dieselben behandelt, je schneller sie aus dem Bereich des Krankenhauses entfernt werden, desto weniger werden sie zu schaden vermögen.

Ventilation. **537.** Dass alle Krankenräume gut ventilirt werden müssen, versteht sich gleichfalls von selbst. Welches Ventilationssystem man wählt, ist an und für sich gleichgiltig, wenn es nur gut ausgeführt und ausreichend ist. Vorteilhaft hat sich für Baracken und ein-

stöckige Pavillons die sogenannte Dachfirstventilation erwiesen, welche während der guten Jahreszeit eine kräftige Lüftung ohne Betriebskosten gestattet. Der Dachfirst ist durchbrochen und durch ein zweites etwas höher gestelltes Dach vor dem Eindringen von Regen etc. geschützt. Vom Krankensaal aus kann man durch Klappen die Verbindung des Saals mit dieser Dachöffnung herstellen oder absperren. Der obere Teil der Fenster ist um eine horizontale Axe nach innen drehbar. Öffnet man diese und die erwähnten Klappen, so geht ein kräftiger Luftstrom durch die obern Teile der Säle, welcher die Kranken nicht trifft, aber doch die Luft der untern Teile so weit mit in Bewegung setzt, dass sie erneuert wird.

Für schlechtes Wetter und für den Winter, wo man auf diese Ventilation verzichten muss, empfiehlt sich eine Verbindung der Heizung mit der Ventilation, welche aber auch gestattet, letztere allein in Gang zu setzen. Ich verweise dieserhalb auf die Vorlesungen 20 23, wo ich die Grundzüge entwickelt habe. Für Baracken würden sich ventilirende Mantelöfen (§ 189) empfehlen, für Pavillons Lockkamine (§ 172) und Verbindung der Heizung mit Ventilation. In dem schon erwähnten Krankenhause Friedrichshain erfolgt die Ventilation durch Aspiration mit einem Lockkamin etwa in der Weise, wie es unsre Fig. 60 (a. S. 207) darstellt. Die Erwärmung der aspirirten frischen Luft kann durch Heißwasserröhren und durch einen Kalorifer geschehen. Es ist also eine doppelte Heizung vorgesehen; im Frühjahr und Herbst wird nur die Wasserheizung, im strengen Winter daneben auch noch die Luftheizung benutzt. Die Absaugung der Luft erfolgt durch Öffnungen, welche hinter jedem Krankenbett in der Höhe desselben angebracht sind; der Zutritt der frischen Luft in der Mitte des Saals, wo die Luft senkrecht aufsteigt, um dann nach beiden Seiten hin über die Betten von oben herabzufließen und mit den Exhalationen der Kranken beladen den Saal zu verlassen.

Wenn man Dachfirstventilation benutzen will, kann man nur einstöckige Gebäude verwenden. Baracken werden auch immer nur einstöckig gebaut. Pavillons hat man, namentlich für nicht infektiöse Kranke, auch zweistöckig angelegt. Es darf dies ohne Schaden geschehen, da man die Ventilation in dem untern Stockwerk auch ohne Dachfirst wirksam genug machen, oder auch den untern Saal durch Röhren, welche den obern Saal durchsetzen, mit dem Dachfirst in Verbindung bringen kann.

538. Wenn man bedenkt, dass die ansteckenden Stoffe bei den akuten Exanthemen sicher, bei andern Infektionskrankheiten vielleicht **Vernichtung der Krankheitskeime.**

auch, namentlich wenn sie eintrocknen und verstäuben, durch die Luft fortgetragen werden können, so hat die Ventilation der Krankensäle, in denen solche infektiöse Kranke liegen, etwas sehr bedenkliches. Man gibt sich alle Mühe, die Luft aus den Krankensälen zu entfernen und durch frische zu ersetzen, aber man fragt nicht, wohin die mit der Luft entfernten Krankheitskeime gelangen und was aus ihnen wird. Vielleicht gelangen solche Keime, vom Regen heruntergespült, wieder auf die Erde, vielleicht werden sie an einer andern Stelle von dem Aspirationsluftstrom erfasst in einen andern Pavillon wieder eingeführt; vielleicht gelangen einige auch in Pfützen, wo sie sich vermehren und von wo aus sie sich wieder beim Eintrocknen der Pfützen mit dem Staub verbreiten können. Alles das wissen wir nicht, aber es ist, wenigstens für einen Teil der Keime, wohl möglich.

Daraus folgt aber, dass wir unser Bestreben nicht darauf richten sollten, die Ansteckungsstoffe zu entfernen, sondern sie zu vernichten. Für die Ventilationsluft, sofern dieselbe solche Stoffe enthalten sollte, wäre das wohl möglich. Wenn man sich eines Lockkamins bedient, so könnte man die aus den Krankenzimmern abgesogene Luft direkt unter den Feuerrost leiten, so dass sie durch die glühenden Kohlen streichen muss, ehe sie ins freie gelangt. Diejenigen Krankheitskeime aber, welche nicht in der Luft schweben, sondern an Betten, Wäsche u. s. w. haften, muss man zu desinfiziren suchen, worüber ich schon bei der Cholera gesprochen habe.

Es wird aber trotz aller Vorsicht kaum zu vermeiden sein, dass Infektionsstoffe, Sputa, Dejektionen u. a., auf den Fußboden verspritzt oder an die Wände gelangen, in die Poren eindringen und von dort später auf irgend eine Weise wieder loskommen. Wir müssen deshalb verlangen, dass Fußböden und Wände in Krankenhäusern dicht und abwaschbar seien, so dass sie mit flüssigen Desinfektionsmitteln behandelt werden können. Für die Fußböden empfiehlt sich, wenn man dieselben nicht aus Stein, Stuck, Zement oder Asphalt machen will, Eichenparkettboden, welcher aus festgefugten schmalen Streifen (Riemen) von Eichenholz besteht, auf einen Fehlboden von Holz oder in Asphalt verlegt, welcher mehrmals mit heißem Leinöl getränkt und dann mit Ölfarbe gestrichen wird. Die Wände werden gleichfalls am besten aus dichtem Stuck gefertigt oder, wenn sie aus gewöhnlichem Verputz bestehen, mit Ölfarbe gestrichen. Für Baracken ist eine Holzvertäfelung zu empfehlen, deren Holz gleichfalls mit heißem Leinöl oder mit Ölfarbe zu streichen ist. Man hat auch empfohlen, Baracken, welche nur zu gelegentlichem Gebrauch

bestimmt sind, z. B. für die Zeiten, wo Epidemieen von Blattern oder Cholera herrschen, innen mit Eisenwellblech zu verkleiden oder ganz aus Eisen zu konstruiren und das Eisen nach dem Erlöschen der Epidemie durch Ausglühen zu desinfiziren, um es so in unschädlichem Zustand bis zum nächsten Gebrauch aufzubewahren.

Siebenundfünfzigste Vorlesung.

Leichenbestattung.

Leichenverbrennung. — Verwesung und Fäulnis. — Kirchhöfe. — Umschlagzeit. — Massengräber. — Schlachtfelder. — Wahl der Begräbnisstätten. — Leichenschau.

Leichenverbrennung.

539. Die Bestattung der menschlichen Leichen geschieht bei uns in der größten Mehrzahl der Fälle durch Beerdigung, seltner durch Beisetzung in Grüften und nur ganz vereinzelt durch Verbrennung. Die Verbrennung, welche bei den Völkern des klassischen Altertums allgemein üblich war, während die semitischen Völker ihre Toten in Grüften beisetzten oder begruben, ist in neuester Zeit bekanntlich wieder in Aufnahme gekommen, aber doch nur als Ausnahme und zum Teil gegen den Willen der staatlichen und kirchlichen Behörden. Vom hygienischen Standpunkt aus lässt sich gegen die Verbrennung nichts einwenden, wenn dieselbe gut vorgenommen wird, wie dies z. B. mit dem Regenerativofen von Siemens geschehen kann Dieser Ofen, welcher in der Industrie vielfache Verwendung findet. und eine sehr hohe Temperatur zu erzeugen gestattet, ist von seinem Erfinder dem Zweck der Leichenverbrennung in so vollendeter Weise angepasst worden, dass es möglich ist, einen menschlichen Leichnam in sehr kurzer Zeit ohne alle Belästigung für die Umstehenden vollkommen zu verbrennen und die zurückbleibende Asche zu sammeln. Das Prinzip des Ofens ist folgendes: Dem Brennmaterial, durch dessen Verbrennung die Wärme produzirt werden soll, wird vorgewärmte Luft zugeführt. Dadurch wird die Verbrennung eine viel vollständigere und die erzeugte Wärme eine größere. Um die Vorwärmung zu bewirken, werden die Feuergase, welche bei der Verbrennung entstehen, ehe sie in den Schlot entweichen, durch eine Art von Rost von feuerfesten Steinen geleitet; sie geben an die Steine einen großen Teil ihrer Wärme ab und behalten nur soviel als nötig ist, um den Zug im Schornstein in genügender Stärke zu erhalten. Wenn die Steine sehr stark erhitzt sind, wird durch Umstellung einer Klappe die frische Luft, welche den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff dem Brennmaterial zuführt, durch jenen stark erhitzten Rost geleitet,

wodurch diese selbst sehr stark erhitzt wird. Dadurch aber wird der Verbrennungsprozess ungemein gesteigert und, während sonst ein Teil der produzirten Wärme verloren geht, um die Verbrennungsluft zu erhitzen, entsteht jetzt eine viel höhere Temperatur der durch die Verbrennung gebildeten Feuergase.

Ist dieser Punkt erreicht, so wird der Leichnam in den Verbrennungsraum eingeführt, die Klappe wieder geschlossen und die heiße Verbrennungsluft über den Körper fortgeleitet. Alles Wasser wird dadurch mit großer Geschwindigkeit verdampft und der getrocknete Körper schnell verbrannt. Nur die sehr wasserreichen Gewebe, insbesondre die Leber, widerstehen der Verbrennung etwas länger; letztere bleibt meistens in verkohltem Zustand zurück, während alles andere zu reiner Asche verbrannt ist.

Wie ich schon bemerkt habe, ist vom hygienischen Standpunkt aus gegen die Leichenverbrennung nichts einzuwenden; denn sie verwandelt die Leiche in unveränderliche, leicht ohne allen Schaden aufzubewahrende Stoffe. Eher kann ein Einwand erhoben werden vom forensischen Standpunkt aus, denn es kann ein Nachweis einer Vergiftung nach der Verbrennung nicht mehr geführt werden. Da jedoch die Verbrennung bis jetzt immer nur sehr selten vorkommt, so liegt uns viel mehr die Verpflichtung ob, zu untersuchen, wie weit die gewöhnlichste Art der Bestattung, die Beerdigung, etwa gesundheitliche Nachteile herbeizuführen im Stande sei.

540. Für die Beurteilung dieser Frage wird es vor allem notwendig sein, festzustellen, was aus einer Leiche wird, wenn wir sie in eine Grube legen und wieder mit Erde bedecken. Wir wissen schon von früher, dass organische Substanzen im Erdboden nicht unverändert bleiben. Es gehen, wie wir schon früher gesehen haben, in diesem fortwährend Oxydationen vor sich, bei denen der Kohlenstoff in Kohlensäure, der Wasserstoff in Wasser, der Stickstoff aber entweder in Salpetersäure oder in Ammoniak übergeht. Welcher dieser beiden letzteren Vorgänge das Übergewicht erlangt, das hängt hauptsächlich von dem Wassergehalt des Bodens und dem Zutritt der Luft ab. Ist der Boden trocken und für Luft leicht durchgängig, so verdunstet das Wasser der Leichen schnell und die sogenannten Verwesungsvorgänge können sich rein oder wenig getrübt abspielen; dann entsteht fast nur Ammoniak, welcher in Gasform aus dem Boden entweicht, freilich in so geringer Menge, dass er nicht ganz leicht nachzuweisen ist. Wo aber viel Feuchtigkeit vorhanden ist, da stellen sich immer Fäulnisprozesse ein. Fäulnis geht nur

Verwesung und Fäulnis.

unter der Mitwirkung von niedern Organismen vor sich, aber diese sind im Boden immer vorhanden, fehlen auch in den Leichen nicht, sodass sie ihre Wirkung immer entfalten, so lange die Leichenteile noch feucht sind, und sie immer wieder von Neuem entwickeln, sobald durch Regen oder durch Grundwasser wieder von Neuem genügende Feuchtigkeit hinzutritt. Aus diesem Grunde wechseln auch an den in die Erde versenkten Leichen die Verwesungs- und die Fäulnisprozesse immer mit einander ab; bald sind die einen stärker, bald die andern; und das hat nicht eher ein Ende, als bis alle organische Substanz verschwunden ist und nur die Salze allein übrig geblieben sind. Am längsten wiederstehen die harten und wasserarmen Teile, die Knochen, die Haare, die Nägel. Gräbt man eine Leiche längere Zeit nach der Beisetzung wieder aus, so findet man sie in verschiedenem Grade zersetzt, je nach der seit der Beerdigung verflossenen Zeit und der Beschaffenheit des Erdreichs.

Kirchhöfe. **541.** Es hängt aber hauptsächlich von der Beschaffenheit des Erdbodens ab, ob die Verwesung oder die Fäulnis der Leichen im Boden das Übergewicht bekommt. In sehr trocknem lufthaltigem Boden mit niedrigem Grundwasserstand, in welchem die Leichen, auch wenn sie von Regen durchnässt waren, schnell wieder austrocknen, kann die Fäulnis niemals stark werden; die Gewebe zerfallen nach und nach und ihre Zersetzungsprodukte gehen in Gestalt von Kohlensäure, Wasserdampf und Ammoniak in die Luft, oder es entsteht statt des letzteren Salpetersäure, also lauter unschädliche Stoffe. Es ist deshalb durchaus übertrieben, wenn einige die Kirchhöfe für sehr gefährlich erklären. Es ist ja auch bekannt genug, dass Totengräber und andre Leute, welche auf Kirchhöfen oder in unmittelbarer Nähe derselben wohnen, gesund bleiben und sogar ein hohes Alter erreichen können. Auch ist es in der Regel ganz ungefährlich das Wasser von Brunnen zu trinken, welche auf dem Kirchhof mitten unter den Gräbern angelegt sind. Gar nicht selten gelten solche Brunnen für besonders gut und werden von der ganzen Nachbarschaft hoch geschätzt. Ganz anders aber liegt die Sache bei nassem, bündigem Boden, also bei Lehmboden, welcher entweder immer oder doch öfter und für längere Zeit die Bodenfeuchtigkeit zurückhält, oder bei nassem Untergrund, wie er ganz besonders da vorherrscht, wo das Grundwasser sehr hoch steht. In solchem Boden trocknen die Leichen gar nicht oder doch so langsam aus, oder werden immer wieder vom Regen so durchnässt, dass an Stelle der Verwesungsvorgänge die Fäulnis Platz greifen kann. Die hierbei entstehenden

flüssigen und gasigen Zersetzungsprodukte sind, wie Sie wissen, nicht so unschuldiger Natur; und wenn dieselben, was doch sehr leicht geschehen kann, in den Untergrund eindringen oder gar ins Grundwasser gelangen, vielleicht auch ihren Weg in Brunnen finden, so können sie erheblichen Schaden anrichten.

Ganz abweichend ist die Veränderung, welche Leichen erfahren, wenn sie in ganz nassem Boden, vollkommen von der Luft abgeschlossen, begraben werden. Die Weichteile verwandeln sich dabei in eine fett- oder seifenartige Masse, Adipocire, Fettwachs oder Leichenwachs genannt, ein Gemenge von Cholestearin, Ammoniak- und Kalkseifen. Ob dabei eine Umwandlung von Eiweiß in Fett stattfindet, ist zweifelhaft.

542. Je nach der Feuchtigkeit im Boden dauert es kürzere Umschlagzeit. oder längere Zeit, bis ein Leichnam ganz durch die Verwesung zerstört ist. Da man nun, wenn man nicht übermäßig große Bodenflächen zu Kirchhöfen verwenden will, gezwungen ist, den Raum der Grabstätten einige Zeit nach der Beisetzung einer Leiche wieder für eine andre zu verwenden, so muß man so sicher als irgend möglich die Zeit festzustellen suchen, nach welcher ganz und gar alle Weichteile zerstört und eine Bloßlegung der Leiche möglich ist, ohne dass man zu befürchten braucht, dass dadurch eine Gefährdung der Gesundheit oder auch nur eine Benachteiligung des ästhetischen Gefühls zu erwarten ist. Nach dieser Zeit wird man bei Eröffnung des Grabes nichts weiter vorfinden als Skeletteile, welche gesammelt und in Knochenhäusern aufbewahrt werden, während man die Grabstätte zur Beisetzung einer neuen Leiche benutzen kann. Die Länge dieser Zeit wird, wie aus dem vorher gesagten folgt, sehr verschieden sein je nach der Beschaffenheit des Bodens; sie wird am kürzesten sein in lockrem Geröllboden, etwas länger in Sand-, am längsten in Lehmboden. Sie wird abhängen von dem Stand des Grundwassers, von der Häufigkeit und Stärke der atmosphärischen Niederschläge und von der Masse und dem Feuchtigkeitsgehalt der beigesetzten Leiche. Zieht man alles dies in Betracht, so wird man für einen bestimmten Kirchhof die kürzeste Frist angeben können, vor welcher es unter keinen Umständen gestattet sein darf, eine Grabstätte von neuem zu benutzen. Diese Zeit nennt man die Umtriebs- oder Umschlagszeit. Sie wird bei Eröffnung eines neuen Friedhofs auf Grund genauer Untersuchung des Bodens im voraus von der Aufsichtsbehörde festgestellt. Zuweilen wird es notwendig sein, die Umschlagszeit für

einzelne Stellen des Friedhofs gesondert und länger als für andre zu bestimmen.

Massengräber.

543. Die Umschlagszeit darf auf keinen Fall weniger als fünf Jahre betragen, muss aber bei ungünstigem Boden bis auf fünfzehn oder dreißig Jahre ausgedehnt werden. Diese Zeitangaben sind natürlich aus Erfahrungen gewonnen, welche man in verschiedenen Bodenarten gemacht hat. Sie gelten aber alle nur für einzelne Gräber, nicht für sogenannte Massengräber, wie sie noch an einzelnen Orten für die Beerdigungen der Armen üblich sind. Je mehr Leichen in ein und dasselbe Grab gelegt werden, desto langsamer kann die viel größere Masse austrocknen; desto länger muß man also warten, bis man sicher ist, dass bei Eröffnung des Grabes keine Schädlichkeiten sich zeigen. Im allgemeinen sollten aber Massengräber überhaupt vermieden werden. Alles, was wir über die Unschädlichkeit der Kirchhöfe gesagt haben, gilt doch nur unter der Voraussetzung, dass der Verwesungsprozess vorherrscht und die Fäulnis verhältnismäßig in den Hintergrund tritt. Wenn aber die Eintrocknung der Leichen erschwert und in die Länge gezogen wird, dann ist dem Wirken der Fäulnisbakterien Thür und Thor geöffnet. Derartige Massengräber werden aber noch gefährlicher, wenn sie in Zeiten von Epidemieen zur schnellen Beseitigung der dann in größerer Zahl Sterbenden Anwendung finden. Denn diese Leichen beherbergen neben den gewöhnlichen Fäulnisbakterien auch noch die spezifischen Organismen der betreffenden Krankheiten; und wenn diese mit den Leichen in den Boden gelangen, so können sie sich in demselben um so leichter vermehren, als ihnen in den Fäulnisprodukten ein für sie sehr günstiger Nährboden gegeben ist. Es ist aber unberechenbar, wohin dieselben gelangen und wie sie wieder aus dem Boden heraus kommen können, um von neuem als Krankheitserreger zu wirken.

Schlachtfelder.

544. Während solche Massengräber auf Kirchhöfen immer seltner werden, bilden sie noch die Regel auf Schlachtfeldern, wo nach der Schlacht die Gefallenen in aller Eile in flache Gruben, spärlich mit Erde bedeckt, beerdigt werden. Trotzdem die so beerdigten Leichen in der Regel gesunden, plötzlich getöteten Individuen angehören und ein Vorkommen spezifischer Krankkeitskeime in ihnen nicht vorausgesetzt werden kann, hat die Erfahrung fast aller Kriege gezeigt, dass in der Nähe großer Schlachtfelder durch die Fäulnis der Leichen Krankheiten entstehen. Die in das Grundwasser und in benachbarte Wasserläufe absickernden Fäulnisprodukte machen diese geeignet, jedem durch irgend einen Zufall dorthin gelangenden Krank-

heitskeim einen günstigen Nährboden zu bieten, abgesehen davon, dass die Fäulnisprodukte selbst, die flüssigen sowohl wie die gasförmigen, vielleicht schädlich sind. Man hat sich deshalb auch bemüht, wenigstens nachträglich durch Desinfektion der Schlachtfelder die Schädlichkeiten zu bekämpfen.

Unter den hierzu empfohlenen Mitteln erscheint mir folgendes Verfahren den meisten Erfolg zu versprechen: Man umgebe die Massengräber mit einem breiten und tiefen Graben und benutze die ausgehobene Erde, um die oft sehr dünne Decke, welche über den Leichen liegt, aufzuhöhen. Die Gräben werden mit einem Sammelkanal verbunden, welcher die aussickernden Wässer ableitet. Das Wasser in diesen Gräben wird durch Zusatz von Karbolsäure desinfizirt, oder es wird in ihm eine üppig wuchernde Wasserpflanze (z. B. *Elodea canadensis*) ausgeflanzt, welche bei ihrem schnellen Wachstum einen großen Teil der Verunreinigungen in lebende Pflanzensubstanzen verwandelt. Die entstandenen Pflanzen werden von Zeit zu Zeit ans Land gezogen und untergepflügt. Durch diese Maßregeln wird dem Erdreich schnell das überschüssige Wasser entzogen und damit der Fäulnis Einhalt gethan. Unterstützt wird dieser Vorgang noch, wenn man die aufgehöhte Fläche der Gräber mit Hafer besät, welcher schnell wächst und gleichfalls dem Boden viel Wasser entzieht. Wo Leichenteile bloßliegen oder nur ganz oberflächlich mit Erde bedeckt sind, kann man vor dem Überdecken derselben mit Erde sie direkt desinfiziren, indem man sie mit Karbolsäure übergießt oder mit ungelöschtem Kalk überstreut und sie dann erst bedeckt.

Man wird in allen solchen Fällen gut thun, sich nicht auf die Desinfektion des eigentlichen Schlachtfelds zu beschränken, sondern auch die Brunnen und Wasserläufe der Umgebung zu untersuchen und bei etwaigen Verunreinigungen derselben die Benutzung zeitweise ganz zu verbieten bzw. die nötigen Maßnahmen zur Reinigung derselben anzuordnen. Die schädlichen Wirkungen der Massengräber zeigen sich, je nach der Bodenbeschaffenheit und andern Umständen, unter denen besonders die Temperatur eine wesentliche Rolle spielt, nach kürzerer oder längerer Zeit und nicht bloß in unmittelbarer Nähe, sondern oft nach längerer Zeit, wenn die Verunreinigungen innerhalb des Bodens durch unterirdische Wasserbewegung fortgeführt worden sind, auch an entferntern Orten.

545. Ähnliche Erscheinungen können, wenn auch in geringerem Maße, auch von den gewöhnlichen Begräbnisplätzen ausgehen, wenn besonders ungünstige Umstände zusammentreffen. Man wird daher, *Wahl der Begräbnisstätten.*

wenn es sich um Neuanlage eines Friedhofs handelt, einen Platz wählen, welcher möglichst günstige Bedingungen gewährleistet. Ein solcher Platz soll nicht allzunah an der Stadt sein, damit er auch bei der zu erwartenden Ausdehnung derselben noch außerhalb des eigentlichen starkbebauten Teils bleibt. Er soll einen möglichst lockeren, lufthaltigen und trocknen Untergrund haben. Das Grundwasser darf auch bei seinem höchsten Stand der Grabessohle nicht zu nahe kommen. Rechnet man auf die Tiefe eines Grabes etwa 2 m, so wird es gut sein, einen Boden zu wählen, bei welchem der höchste Grundwasserstand noch einen Meter tiefer liegt, und für den Fall, dass ein Platz, der diesen Bedingungen genügt, durchaus nicht zu haben sein sollte, für Tieferlegung des Grundwassers durch Abzugsgräben oder für Erhöhung des Terrains durch Aufschüttung zu sorgen.

Bei der Wahl des Platzes wird man auch darauf zu achten haben, dass die unterirdische Wasserströmung von dem Friedhofe nicht nach den bewohnten Stadtteilen hingerichtet ist, damit nicht schädliche Stoffe dorthin verschleppt werden,

Wenn man für jedes Grab einschließlich der Zwischengänge etwa einen Flächenraum von 4 qm rechnet, so wird man aus der Bevölkerungszahl, der Sterblichkeitsziffer und der auf Grund der Bodenbeschaffenheit festgesetzten Umschlagszeit die Größe des erforderlichen Terrains für einen neuanzulegenden Begräbnisplatz berechnen können. Man muss aber bei dieser Berechnung auf die mutmaßliche Zunahme der Bevölkerung Rücksicht nehmen und noch eine angemessene Fläche für Wege, Familiengräber u. s. w. hinzurechnen. Trotz alledem wird ein solcher Begräbnisplatz nicht für alle Zeiten dienen können. Namentlich in Städten, welche schnell wachsen, kommt er zuletzt mitten in bewohnte Gegend zu liegen. Wenn nun auch, wie wir gesehen haben, die sanitären Gefahren eines Friedhofs nicht allzugroße sind, so wird man sich doch veranlasst sehen, solche ganz von Häusern umschlossene Friedhöfe aufzugeben, d. h. sie nicht mehr als solche zu benutzen, sondern sie als öffentliche Parks weiterbestehen zu lassen, während man einen neuen Begräbnisplatz in weiterer Entfernung anlegt.

Die Beisetzung der Leichen in Grüften sollte eigentlich nicht gestattet werden. Die Fäulnisgase, welche sich in solchen Grüften ansammeln, haben schon oft Schaden angerichtet. Grüfte auf Friedhöfen sind natürlich weniger gefährlich als solche in Kirchen; doch werden letztere nur noch ausnahmsweise benutzt.

546. Die im Volke sehr verbreitete Furcht vor dem Lebendigbegrabenwerden, welche übrigens durch wirkliche Thatsachen nicht begründet ist, sowie die Rücksicht auf die Entdeckung von Verbrechen hat allgemein dazu geführt, dass die Bestattung erst nach Ablauf einer gewissen Frist nach dem erfolgten Tode (in der Regel 3 Tage) gestattet ist. In vielen Ländern ist auch eine amtliche Toten- oder Leichenschau angeordnet, welche den wirklich erfolgten Tod und womöglich die Todesursache festzustellen bezweckt. Ich habe schon darauf hingewiesen, wie unzuverlässig das letztere ist (§ 10). Was aber die Konstatirung des Todes anlangt, so ist sie nicht so schwer, wie die Laien glauben, und der sogenannte Scheintod bzw. das Wiedererwachen nach der Beerdigung existiren nur in der Phantasie von Leuten, welche an schrecklichen Dingen eine besondre Freude haben. Das Eintreten und Wiederverschwinden der Totenstarre, das Auftreten der Leichenflecke, das Verschwinden der durchsichtigen hellen Röte an dünnen Hautstellen sind so einfache, leicht zu beobachtende Erscheinungen, dass Irrtümer ganz ausgeschlossen sind.

Leichenschau.

Wenn also das Hinausschieben der Beerdigung um einige Tage auch gerechtfertigt ist, so muss doch eine Leiche, besonders wenn der Tod an einer Infektionskrankheit erfolgt ist, immer als ein schädliches Objekt angesehen werden. Es empfiehlt sich deshalb, dass überall auf den Kirchhöfen Leichenhallen errichtet werden, in welche die Leichen bald nach dem Tode verbracht und in denen sie bis zur Beerdigung aufbewahrt werden. Dies müsste für Leichen von stark kontagiösen Krankheiten sogar als Zwang vorgeschrieben sein. Bei solchen Leichen müsste auch weiter Transport auf Eisenbahnen, öffentliches Aufbahren und großer Leichenkondukt verboten werden. Wird der Transport gestattet, oder wird eine Leiche nur vorläufig beigesetzt, um später nach einem andern Ort übergeführt zu werden, so sollte streng auf luftdichten Verschluss gesehen werden, wie er durch metallene Särge oder metallene, verlötete Einsätze in Holzsärge erzielt werden kann.

Register.

A.

B.

C.

F.

H.

Q.

T.

U.

V.

X.

Z.

Berichtigung.

S. 76 Z. 5 v. o. lies „LICHTENSTERN“ statt „LEICHTENSTERN.“
S. 97 Z. 16 v. o. lies „Norwegers“ statt „Dänen.“



I425 R82 1887
Rosenthal, Isidor, 1836-1915.
Vorlesungen über die öffentliche und private Gesundheitspflege.
NAME
DATE DUE

